



TESIS (RC-142501)

PENGARUH FILTRASI TERHADAP PERILAKU TANAH GAMBUS YANG DISTABILISASI DENGAN FLY ASH DAN KAPUR Ca(OH)_2

FITRIA WAHYUNI

31 14 201 003

Dosen Pembimbing :

Prof. Ir. Noor Endah Mochtar, M.Sc., Ph.D.

PROGRAM MAGISTER

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

SURABAYA

2016



THESIS (RC-142501)

PENGARUH FILTRASI TERHADAP PERILAKU TANAH GAMBUS YANG DISTABILISASI DENGAN FLY ASH DAN KAPUR Ca(OH)_2

FITRIA WAHYUNI

31 14 202 001

Dosen Pembimbing :

Prof. Ir. Noor Endah Mochtar, M.Sc., Ph.D.

PROGRAM MAGISTER

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

SURABAYA

2016



THESIS (RC-142501)

THE EFFECT OF WATER INFILTRATION TO BEHAVIOUR OF THE FIBROUS PEAT STABILIZED WITH FLY ASH AND LIME Ca(OH)_2

FITRIA WAHYUNI

31 14 201 003

Lecturer :

Prof. Ir. Noor Endah Mochtar, M.Sc., Ph.D.

MAGISTER PROGRAM

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING AND PLANNING

SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY

SURABAYA

2016



THESIS (RC-142501)

THE EFFECT OF WATER INFILTRATION TO BEHAVIOUR OF THE FIBROUS PEAT STABILIZED WITH FLY ASH AND LIME Ca(OH)_2

FITRIA WAHYUNI

31 14 201 003

Lecturer :

Prof. Ir. Noor Endah Mochtar, M.Sc., Ph.D.

MAGISTER PROGRAM

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING AND PLANNING

SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY

SURABAYA

2016

PENGARUH FILTRASI AIR TERHADAP PERUBAHAN PERILAKU TANAH GAMBUT BERSERAT YANG DISTABILISASI *FLY ASH* DAN KAPUR Ca(OH)_2

Nama Mahasiswa : Fitria Wahyuni
NRP : 3114201003
Pembimbing : Prof. Ir. Noor Endah Mochtar, M.Sc., Ph.D.

ABSTRAK

Tanah gambut merupakan tanah yang memiliki karakteristik tidak menguntungkan yaitu memiliki daya dukung rendah dan pemampatan yang besar. Tanah gambut yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari desa Bereng Bengkel, Palangkaraya. Karena sifat tanah gambut yang tidak menguntungkan maka banyak penelitian dilakukan untuk meningkatkan sifat-sifat dari tanah gambut diantaranya dengan metode stabilisasi. Metode stabilisasi yang sering dilakukan yaitu dengan mencampurkan bahan additive seperti kapur dan *fly ash*. Penelitian tentang stabilisasi dengan bahan kapur dan *fly ash* sudah banyak dilakukan, baik menggunakan kapur CaCO_3 ataupun kapur Ca(OH)_2 . Dari penelitian tersebut diperoleh bahwa 10% bahan *admixture* (30% kapur CaCO_3 + 70% *fly ash*) dan 15% *admixture* (10% Ca(OH)_2 + 90% *fly ash*) memberikan hasil optimum terhadap peningkatan perilaku tanah gambut. Hanya saja dari penelitian tersebut, penggunaan stabilisasi belum mempertimbangkan kondisi di lapangan yang sebenarnya. Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini dilakukan dengan mempertimbangkan pengaruh filtrasi air pada daerah tanah gambut yang tidak distabilisasi. Untuk penelitian menggunakan bahan kapur CaCO_3 yang dipengaruhi filtrasi air sudah dilakukan. Dari penelitian diperoleh bahwa *admixture* optimum berbeda dari *admixture* yang tidak mempertimbangkan filtrasi air. Hal ini membuktikan bahwa filtrasi air berpengaruh terhadap *prosentase admixture* bahan stabilisasi. Pada penelitian ini prosentase *admixture* yang digunakan adalah 15% dan 20%. Prosentase ini diambil dari hasil penelitian sebelumnya yang menggunakan kapur Ca(OH)_2 tanpa pengaruh filtrasi air. Perubahan sifat fisik dan teknis gambut yang distabilisasi diuji pada usia 10 hari, 30 hari, 60 hari, 90 hari dan 120 hari. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa filtrasi air mempengaruhi proses pembentukan gel dan kristal CaSiO_3 di dalam lapisan tanah gambut berserat yang distabilisasi dengan *fly ash* dan kapur Ca(OH)_2 . Dengan demikian maka sifat fisik dan teknis yang terletak dipinggir gambut yang distabilisasi

akan lebih terpengaruh oleh filtrasi air daripada gambut yang terletak dibagian tanah yang distabilisasi.

Kata kunci: *fly ash, kapur Ca(OH)_2 , stabilisasi kimia, filtrasi air, tanah gambut berserat, Palangkaraya*

THE EFFECT OF WATER INFILTRATION TO BEHAVIOUR OF THE FIBROUS PEAT STABILIZED WITH FLY ASH AND LIME Ca(OH)_2

By : Fitria Wahyuni
NRP : 3114201003
Advisor : Prof. Ir. Noor Endah Mochtar, M.Sc., Ph.D.

ABSTRACT

Peat soil is soil that has unfavorable behaviour, low bearing capacity and very high compressibility. Peat soil is located in Bereng Bengkel, Palangkaraya. Due to its characteristic, many kind of researches have done to improve its behaviour of peat soil such as by methods of stabilization. The stabilization method is often done by mixing the additive materials such as lime and fly ash. Research on stabilization with lime and fly ash has been done, using lime CaCO_3 and Ca(OH)_2 . From these studies showed that 10% admixture materials (30% lime CaCO_3 + 70% fly ash) and 15% admixture (10% Ca(OH)_2 + 90% fly ash) provide optimum results to increase peat soil behavior. But researches of stabilization have not considered the actual conditions in the field. Based on this condition, this research is carried out by considering the effect of water filtration on peat soil are. For research that used CaCO_3 influenced water filtration has been done. From the study showed that different optimum admixture of admixture that does not consider water filtration. This proves that the water filtration material effect on the percentage admixture stabilization. In this study, the percentage of admixture is used 15% and 20%. This percentage is taken from the results of previous studies that use lime Ca(OH)_2 without the influence of water filtration. The behaviour of physical and technical properties of the stabilized peat tested at the age of 10 days, 30 days, 60 days, 90 days and 120 days. The result of this study indicate that the water infiltration affect the process of gel and crystal CaSiO_3 in fibrous peat stabilized with fly ash and lime. The physical and technical properties are located in the edge of the initial peat is more affected than the stabilized peat which is located in the middle of stabilized peat.

Keyword: *Fly ash, lime Ca(OH)_2 , chemical stabilization, water filtration, fibrous peat soil, Palangkaraya*

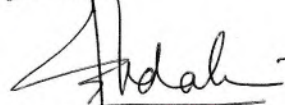


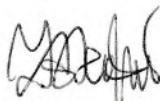
Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Magister Teknik (M.T.)
di
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

Fitria Wahyuni
NRP. 31 14 201 003


Tanggal Ujian : 15 Juli 2016
Periode Wisuda : September 2016

Disetujui oleh:

- 
1. Prof. Ir. Noor Endah Mochtar, M.Sc., Ph.D (Pembimbing)
NIP. 197401122005012001
- 
2. Prof. Dr. Ir. Indarto, DEA. (Penguji)
NIP. 195010111982031002
- 
3. Dr. Eng. Januarti Java Ekaputri, S.T., M.T. (Penguji)
NIP. 197401122005012001
- 
4. Dr. Yudhi Lastiasih, S.T., M.T. (Penguji)
NIP. 197701222005012002



Direktur Program Pascasarjana,


Prof. Ir. Djauhar Manfaat, M.Sc, Ph.D
NIP. 196012021987011001

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji syukur kehadiran Allah SWT. atas segala rahmat dan hidayah-Nya sehingga tesis dengan judul **“Pengaruh Filtrasi Air Terhadap Perubahan Perilaku Tanah Gambut Berserat yang Distabilisasi dengan Ca(OH)_2 dan Fly Ash”** dapat diselesaikan dengan baik.

Tesis ini disusun untuk memenuhi salah satu persyaratan memperoleh gelar Magister Teknik (M.T.) dalam bidang Geoteknik pada program studi Teknik Sipil Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya dengan pembiayaan penelitian berasal dari dana penelitian dosen pembimbing.

Pada kesempatan ini penulis menyampaikan rasa hormat dan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu selama studi S2 di ITS Surabaya, khususnya kepada :

1. Allah SWT, atas segala rahmat dan karunia-Nya.
2. Ibuku dan Bapak tersayang, juga Adekku atas doa yang tidak pernah terputus buatku, serta dukungan dan kasih sayangnya.
3. Ibu Prof. Ir. Noor Endah Mochtar, M.Sc., Ph.D., selaku dosen pembimbing, atas segala bimbingan, dukungan, serta waktunya dalam penyelesaian tesis.
4. Bapak Prof. Ir. Indrasurya B. Mochtar, M.Sc., Ph.D., selaku dosen wali, atas segala arahan dan bimbingannya.
5. Bapak Prof. Dr. Ir. Indarto, DEA., Ibu Dr. Eng. Januarti Jaya Ekaputri, S.T., M.T., Ibu Dr. Yudhi Lastiasih, S.T., M.T., selaku dosen penguji atas saran dan masukan yang di berikan.
6. Bapak Faisal Estu Yulianto, S.T., M.T, selaku dosen pendamping tesis, atas segala dukungan, arahan, bimbingan dan masukan yang diberikan.
7. Bapak-bapak di Laboratorium Mekanika Tanah, Pak Umar, Pak Osisas, Mas Hendro, Pak Harno, Mas Tasrul dan bapak lainnya yang membantu dalam pelaksanaan penelitian.
8. Teman-teman seperjuangan Geoteknik 2014, Mbak Fatin, Te Laras dan Dora atas dukungan selama ini.

9. Teman-teman ku yang baik hati, Nila, Evin, Mida, Novi, Faisal yang sudah membantu menemani pengerjaan tesis.
10. Sahabat sekaligus saudara yang selalu memberi dukungan dan doa dari jauh, Rismaya, Bytila, dan Devi Anya.
11. Agus Iswahyudi yang selalu memberikan doa dan dukungannya.
12. Teman-teman ku Dewi, Ayu, Lely, Mas Hafidh, Mbak Fitri, Ikom, Asdam, Mbak Niar, Mas Yerry, Mas Pati atas saran, dukungan serta masukan.
13. Adik-adik angkatan Dadang, Haru, Syamsul dan lainnya yang telah membantu dalam penelitian.
14. Semua pihak yang telah membantu yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Pada penulisan tesis ini masih banyak terdapat kekurangan, oleh karena itu saya sebagai penulis mengharapkan saran dan kritik demi kesempurnaan tesis ini maupun penulisan karya ilmiah yang mungkin penulis akan lakukan di masa-masa mendatang.

Akhir kata, saya berharap semoga tesis ini dapat memberikan manfaat bagi kita semua dan bagi pengembangan ilmu pengetahuan. Amin.

Surabaya, 01 Agustus 2016

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
LEMBAR PENGESAHAN	iii
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah	4
1.3. Tujuan Penelitian	5
1.4. Batasan Masalah	5
1.5. Manfaat Penelitian	5
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Asal Mula Terbentuknya Tanah Gambut	7
2.2. Klasifikasi Tanah Gambut.....	8
2.3. Sifat Fisik dan Teknik Tanah Gambut.....	13
2.3.1. Sifat Fisik Tanah Gambut.....	13
2.3.2. Sifat Teknik Tanah Gambut.....	16
2.4. Metode Perbaikan Tanah Gambut.....	19
2.4.1. Metode Perbaikan Cara Mekanis.....	20
2.4.2. Metode Stabilisasi.....	22
2.5. Penggunaan Campuran Kapur (Lime) dan Abu Terbang (Fly Ash) sebagai Bahan Stabilisasi.....	24
2.5.1. Kapur.....	24
2.5.2. Fly Ash.....	27
2.6. Metode Gibson dan Lo.....	31
2.7. Tanah Gambut yang Distabilisasi Tanpa Filtrasi Air.....	33

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

3.1.	Pendahuluan.....	37
3.2.	Penentuan Sifat Fisik dan Teknis Tanah Gambut Sebelum Distabilisasi...	37
3.3.	Penentuan Sifat Fisik dan Teknis Tanah Gambut Setelah Distabilisasi yang Dipengaruhi Oleh Filtrasi Air.....	38

BAB 4 PERUBAHAN SIFAT FISIK DAN TEKNIK TANAH GAMBUT YANG DISTABILISASI

4.1.	Kandungan Kimia Bahan Stabilisasi.....	41
4.2.	Tanah Gambut Initial.....	45
4.3.	Sifat Fisik dan Teknis Tanah Gambut yang Distabilisasi.....	48
4.4.	Hasil SEM Gambut Initial dan Stabilisasi.....	71
4.5.	Rangkuman Hasil.....	75

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN.....	77
DAFTAR PUSTAKA.....	xvii
BIOGRAFI.....	xxi

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Penyebaran Tanah Gambut Indonesia	7
Tabel 2.2	Klasifikasi Gambut berdasarkan Von Post (1992).....	10
Tabel 2.3	Klasifikasi ASTM D4427-92.....	12
Tabel 2.4	Klasifikasi Tanah Gambut Menurut Kedalamannya.....	20
Tabel 2.5	Kandungan Kimia Fly Ash PLTU Suralaya dan Paiton.....	29
Tabel 2.6	Rekapitulasi Hasil Pengetesan Campuran.....	34
Tabel 2.7	Rangkuman Hasil Uji Sifat Fisik dan Teknis Tanah Gambut.....	35
Tabel 3.1	Penentuan Berat Admixture 15%.....	39
Tabel 3.2	Penentuan Berat Admixture 20%.....	39
Tabel 4.1	Komposisi Kimia Fly Ash.....	42
Tabel 4.2	Komposisi Kimia Fly Ash dengan Peneliti Lainnya.....	43
Tabel 4.3	Komposisi Kimia Kapur.....	44
Tabel 4.4	Sifat Fisik Gambut Initial.....	45
Tabel 4.5	Rangkuman Hasil.....	75

”Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Proses Pembentukan Tanah Gambut.....	8
Gambar 2.2 Kurva Hubungan ϵ vs Log (t).....	19
Gambar 2.3 Grafik Kekuatan Jenis Tanah.....	24
Gambar 2.4 Sketsa CaSiO_3 yang mengkristal.....	26
Gambar 2.5 Model Rheologi Gibson dan Lo.....	31
Gambar 2.6 Grafik hubungan antara $\log d\epsilon/\log dt$ vs $\log t$	32
Gambar 3.1 Ukuran Kotak Stabilisasi.....	38
Gambar 3.2 Diagram Alir.....	40
Gambar 4.1 Range Fly Ash dengan peneliti lainnya.....	43
Gambar 4.2 Kurva hubungan antara regangan dengan waktu pemampatan.....	48
Gambar 4.3 Grafik hubungan kadar air dan jarak dengan Admixture (a) 15% (b) 20%.....	49
Gambar 4.4 Kurva hubungan kadar air dan jarak pada usia stabilisasi (a) 30 hari (b) 60 hari (c) 90 hari (d)120 hari.....	52
Gambar 4.5 Grafik hubungan Berat Volume vs Jarak (a) admixture 15% (b) admixture 20%.....	53
Gambar 4.6 Kurva hubungan berat volume dan jarak pada usia stabilisasi (a) 30 hari (b) 60 hari (c) 90 hari (d)120 hari.....	56
Gambar 4.7 Grafik hubungan spesifik gravity vs Jarak (a) admixture 15% (b) admixture 20%.....	57
Gambar 4.8 Kurva hubungan spesifik gravity dan jarak pada usia stabilisasi (a) 30 hari (b) 60 hari (c) 90 hari (d)120 hari.....	60
Gambar 4.9 Grafik hubungan angka pori vs Jarak (a) admixture 15% (b) admixture 20%.....	61
Gambar 4.10 Kurva hubungan angka pori dan jarak pada usia stabilisasi (a) 30 hari (b) 60 hari (c) 90 hari (d)120 hari.....	63
Gambar 4.11 Grafik hubungan kadar organik vs Jarak (a) admixture 15% (b) admixture 20%.....	65

Gambar 4.12 Kurva hubungan kadar organik dan jarak pada usia stabilisasi (a) 30 hari (b) 60 hari (c) 90 hari (d)120 hari.....	67
Gambar 4.13 Grafik hubungan kuat geser vs Jarak (a) admixture 15% (b) admixture 20%.....	68
Gambar 4.14 Kurva hubungan kuat geser dan jarak pada usia stabilisasi (a) 30 hari (b) 60 hari (c) 90 hari (d)120 hari.....	70
Gambar 4.14 Grafik hubungan total pemampatan vs Jarak (a) admixture 15% (b) admixture 20%.....	71
Gambar 4.15 Hasil Foto SEM Sebelum Distabilisasi.....	72
Gambar 4.16 Hasil Foto SEM Tanah Gambut Usia 30 hari.....	73
Gambar 4.17 Hasil Foto SEM Tanah Gambut Usia 30 hari.....	74

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tanah gambut atau *peat soil* merupakan tanah yang terbentuk dari fragmen-fragmen material organik dari tumbuh-tumbuhan. Gambut terbentuk dari sisa-sisa tumbuhan yang telah mati baik yang sudah lapuk ataupun belum. Gambut terbentuk dari bahan sisa tumbuhan yang terdekomposisi secara aerob dan anaerob. Proses terbentuknya tanah gambut juga dipengaruhi oleh iklim, pasang surut dan kondisi topografi. Menurut Radjaguguk (1997), proses dekomposisi sisa tumbuhan yang terjadi pada kondisi anaerob membutuhkan waktu yang lebih lama dibandingkan kondisi aerob sehingga laju dekomposisi yang terjadi pada kondisi anaerob lebih lambat dibandingkan dengan penambahan penumpukan sisa tumbuhannya.

Luas lahan gambut di Indonesia mencapai 21 juta hektar (BB litbang SDLP, 2008) yang tersebar di tiga pulau yaitu Sumatera, Kalimantan dan Papua. Menurut Sumaryono (2008), luas lahan gambut di Indonesia sekitar 70 persen dari total area lahan gambut di Asia Tenggara, bahkan menempati urutan terluas ke-4 di dunia setelah Kanada, Rusia dan Amerika Serikat. Gambut di Indonesia dapat dikelompokkan sebagai tanah gambut tropis yang terbentuk dari tumbuhan paku-pakuan, bakau, pandan, pinang, serta tumbuhan rawa lainnya (Van de Meene, 1984). Ketebalan tanah gambut mencapai > 15 meter (Wahyunto, dkk, 2004). Gambut di Indonesia dapat dikelompokkan sebagai tanah gambut tropis yang terbentuk dari tumbuhan paku-pakuan, bakau, pinang, pandan dan tumbuhan rawa lainnya (Van de Meene, 1984). Gambut tropis di Indonesia banyak mengandung kayu-kayu dengan tingkat pertumbuhan gambut cukup tinggi.

Sistem klasifikasi tanah gambut didasarkan pada derajat dekomposisinya, jenis tumbuhan pembentuknya, prosentase kandungan organik, dan prosentase kandungan serat. Klasifikasi berdasarkan derajat

dekomposisi dikembangkan oleh Von Post (1922) dengan sistem yang sederhana hanya mengamati secara visual kondisi tanah gambut yang diremas dengan tangan. Klasifikasi berdasarkan jenis tumbuhan pembentuknya diberikan oleh ASTM 1969 D-2607; hanya saja, sistem klasifikasi ini tidak digunakan pada orang Teknik Sipil. Sistem klasifikasi yang didasarkan pada kandungan organik tanpa melihat tumbuhan pembentuknya diberikan oleh ASTM (1985), OSCR (1983), dan LGS (1982) dimana tanah diklasifikasikan sebagai tanah gambut bila kandungan bahan organiknya $\geq 75\%$. Hanya saja, USSR (1982) mengklasifikasikan tanah gambut bila kandungan organiknya $\geq 50\%$. MacFarlane dan Radforfth (1965) mengklasifikasikan tanah gambut berdasarkan kadar serat; dikelompokkan sebagai tanah gambut berserat (*fibrous peat*) bila kandungan serat $\geq 20\%$ dan gambut tidak berserat (*amorphous granular*) bila mengandung butiran berukuran koloid (2μ) dan mengandung serat $< 20\%$.

Tanah gambut memiliki karakteristik yang tidak menguntungkan yaitu daya dukung yang rendah dan pemampatan yang besar. Kandungan air pada tanah gambut dapat mencapai 500% sampai 1000% dari berat keringnya dikarenakan kemampuan gambut untuk menyimpan air (*water retention*) yang tinggi. Hanya saja, tanah gambut memiliki sifat *irreversible drying* yang rendah sehingga bila tanah gambut mengalami kekeringan maka kemampuannya untuk menyerap air kembali sangat rendah.

Karena perilaku tanah gambut yang tidak menguntungkan tersebut maka banyak penelitian dilakukan untuk meningkatkan daya dukung dan mengurangi kemampumampatannya, diantaranya adalah metode stabilisasi. Metode stabilisasi dilakukan dengan cara mencampurkan bahan *additive* seperti kapur, *fly ash*, abu sekam padi, dan lainnya. Pemakaian kapur sebagai bahan stabilisasi tanah lempung memberikan hasil yang memuaskan, tetapi tidak untuk tanah gambut. Menurut Mochtar, N.E. dkk. (2009), penyebab utamanya adalah tanah gambut tidak mengandung unsur

silica yang berfungsi untuk membentuk bahan pengikat bersama kapur. Atas dasar pemikiran tersebut, studi stabilisasi tanah gambut dalam skala laboratorium dengan menggunakan bahan *admixture* berupa campuran kapur dengan bahan yang mengandung silica seperti *fly ash* dan abu sekam padi telah dilakukan oleh Mochtar, N.E. dkk. (2009).

Pada tahun 2009, Mochtar, N.E, dkk, melakukan penelitian dengan menggunakan bahan stabilisasi yang merupakan campuran kapur CaCO_3 dan *fly ash*; kapur CaCO_3 merupakan produk samping hasil PT. Petrokimia Gresik; *fly ash* berasal dari limbah hasil pembakaran batu bara PLTU Paiton. Dari penelitian tersebut diperoleh bahwa 10% bahan *admixture* (30% kapur CaCO_3 + 70% *fly ash*) memberikan hasil yang optimum terhadap peningkatan perilaku tanah gambut.

Pada tahun 2014, Febriani dan Mochtar juga melakukan penelitian dengan menggunakan bahan stabilisasi kapur Ca(OH)_2 yang merupakan jenis kapur yang bisa dijumpai di pasaran sehari-hari dengan menambahkan *fly ash*. Dari hasil penelitian diperoleh bahwa 15% *admixture* (10% Ca(OH)_2 + 90% *fly ash*) memberikan hasil optimum terhadap peningkatan perilaku tanah gambut. Dengan demikian stabilisasi bisa memanfaatkan bahan yang bisa dijumpai di pasaran, mengingat produksi kapur CaCO_3 adalah produk terbatas hasil dari PT. Petrokimia.

Dari penelitian yang telah diuraikan diatas, penggunaan stabilisasi belum mempertimbangkan kondisi di lapangan yang sebenarnya, dimana stabilisasi hanya dilakukan pada luasan tertentu saja mengingat sesuai dengan lebar jalan yang akan direncanakan misalnya. Penelitian sebelumnya dilakukan tanpa mempertimbangkan pengaruh filtrasi air pada daerah tanah gambut yang tidak distabilisasi. Mochtar, N.E., dkk, 2014, (dipublikasikan sebagai laporan hibah kompetensi tahun ke-1) sudah melakukan penelitian akibat filtrasi air dengan menggunakan *admixture* CaCO_3 dan *fly ash*. Dari penelitian diperoleh *admixture* optimum berbeda dari *admixture* yang tidak mempertimbangkan filtrasi air.

Hal ini membuktikan bahwa filtrasi air berpengaruh terhadap *prosentase admixture* bahan stabilisasi. Oleh karena itu, dari penelitian ini diharapkan dapat diketahui bagaimana pengaruh filtrasi air terhadap perilaku tanah gambut yang distabilisasi dengan Ca(OH)_2 dan *fly ash* dengan *admixture* optimum dari penelitian sebelumnya, yaitu 15% dan 20% apabila dibandingkan dengan *admixture* tanpa pengaruh filtrasi air.

1.2 Perumusan Masalah

Masalah utama yang akan dicari jawabannya dalam penelitian ini yaitu prosentase *stabilizer* berupa campuran kapur Ca(OH)_2 dan *fly ash*, yang digunakan sebagai bahan stabilisasi dan prosentase *stabilizer* optimum akibat pengaruh dari filtrasi air yang harus dicampurkan agar dapat meningkatkan daya dukung tanah gambut berserat dan mengurangi kemampumampatannya. Rincian masalah yang harus diselesaikan pada penelitian ini yaitu :

1. Sifat fisik dan teknis tanah gambut berserat sebelum distabilisasi.
2. Perubahan sifat fisik dan teknis tanah gambut yang distabilisasi memakai *admixture* (10% Ca(OH)_2 + 90% *fly ash*) dengan prosentase yang berbeda (15% dan 20%) dan umur pemeraman yang berbeda.
3. Pengaruh filtrasi air gambut di sekitar lahan gambut yang distabilisasi terhadap perubahan sifat fisik (kadar air, berat volume, *specific gravity*, kadar organik) dan sifat teknik (kuat geser dan pemampatan).
4. Prosentase *admixture* yang memberikan peningkatan paling optimum dari tanah gambut yang distabilisasi walaupun terpengaruh filtrasi air di sekitarnya.

1.3 Tujuan Masalah

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan admixture yang optimum yang harus ditambahkan agar terjadi peningkatan sifat fisik dan teknis yang paling maksimum walaupun ada pengaruh air disekitarnya.

1.4 Batasan Masalah

Penelitian ini dilakukan dengan batasan-batasan sebagai berikut :

1. Kapur yang digunakan adalah kapur Ca(OH)_2 yang ada di pasaran.
2. *Fly ash* yang digunakan merupakan limbah hasil pembakaran batubara dari PLTU Paiton kelas F.
3. Tanah gambut yang digunakan merupakan tanah gambut berserat yang berasal dari desa Dereng Bengkel, Palangkaraya, Kalimantan Tengah.
4. Filtrasi air hanya mengalir dari tepi dalam (satu arah).
5. Penelitian dilakukan dalam skala Laboratorium.

1.5 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini dapat diimplementasikan langsung di lapangan apabila akan membangun jalan di atas lahan gambut.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

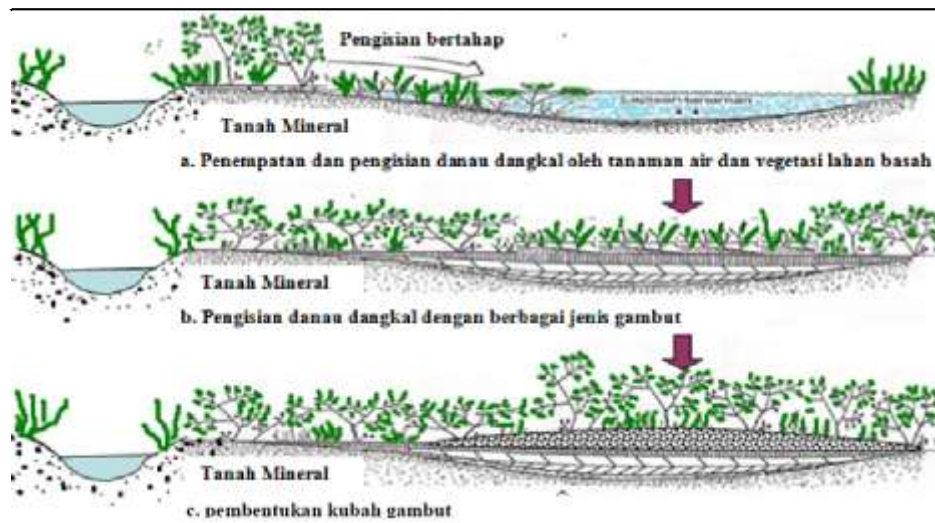
BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Asal Usul Tanah Gambut

Gambut terbentuk dari timbunan sisa-sisa tanaman yang telah mati, baik yang sudah lapuk maupun belum. Timbunan terus bertambah karena proses dekomposisi terhambat oleh kondisi anaerob menyebabkan rendahnya tingkat perkembangan biota pengurai. Pembentukan tanah gambut merupakan proses geogenik yaitu pembentukan tanah yang disebabkan oleh proses deposisi dan transportasi, berbeda dengan proses pembentukan tanah mineral yang pada umumnya merupakan proses pedogenik (Hardjowigeno, 1986). Pembentukan tanah gambut diduga terjadi antara 10.000-5000 tahun yang lalu (Andriesse, 1994) dan gambut di Indonesia terjadi antara 5000 - 4000 tahun yang lalu (Subagyo,2002).

Proses pembentukan tanah gambut di Indonesia dimulai dari adanya pendangkalan danau yang secara perlahan ditumbuhi oleh tanaman air dan vegetasi lahan basah (Noor,2001). Tanaman yang mati dan melapuk, secara bertahap membentuk lapisan transisi antara lapisan gambut dengan lapisan di bawahnya berupa tanah mineral. Tanaman berikutnya tumbuh pada bagian yang lebih tengah dari danau dangkal dan disebut gambut topogen karena proses pembentukannya disebabkan oleh topografi daerah cekungan. Gambut topogen biasanya relatif subur sehingga masih ada tanaman tertentu yang dapat tumbuh subur di atasnya. Tanaman yang tumbuh di atas gambut topogen lama kelamaan akan melapuk dan membentuk lapisan baru yang disebut gambut ombrogen. Proses pembentukan tanah gambut dapat diilustrasikan seperti gambar 2.1.



Gambar 2.1. Proses Pembentukan Gambut di Indonesia (Noor, 2001)

2.2. Klasifikasi Tanah Gambut

Secara umum tanah gambut dapat diklasifikasikan berdasarkan beberapa faktor yaitu:

- Jenis material pembentuk
- Lokasi pembentuk
- Proses pembentukannya
- Sifat fisik dari tanah gambut.

Berikut ini penjelasan dari klasifikasi tanah gambut tersebut:

1. Klasifikasi berdasarkan jenis material pembentuk

Jenis material pembentuk tanah gambut menurut Backman (1969) tanah gambut dapat dibedakan berdasarkan batuan induk pembentuknya yaitu:

- Gambut endapan adalah tanah gambut yang berasal dari tanaman yang mudah dihumifikasikan, mempunyai bentuk koloid, padat dan kenyal.
- Gambut berserat adalah gambut yang mengandung banyak serat, sehingga mempunyai kapasitas menahan air tinggi.

- c. Gambut kayuan adalah gambut yang berasal dari sisa-sisa pohon, semak, atau vegetasi rawa.

2. Klasifikasi berdasarkan lokasi pembentuknya

Menurut Polak (1961) tanah gambut berdasarkan lokasi pembentuknya dibedakan menjadi menjadi 3 jenis yaitu:

- a. Gambut ombrogen adalah tanah gambut yang terbentuk dari sisa-sisa tanaman hutan, dapat dijumpai di Sumatera, Kalimantan dan Papua.
- b. Gambut topogen adalah tanah gambut yang terbentuk dalam depresi topografi rawa, dapat dijumpai di Rawa Pening, Jatiroto, Tanah payau Deli.
- c. Gambut Pegunungan adalah tanah gambut yang terbentuk pada depresi-depresi daerah pegunungan yang tidak aktif (kawah yang merupakan rawa), dapat dijumpai Gunung Papandayan, dataran tinggi Dieng.

3. Klasifikasi berdasarkan proses pembentukannya

Menurut proses pembentuknya tanah gambut dipengaruhi dari kandungan serat, proses dekomposisi, kadar organik dan keasamannya yang dapat dibedakan menjadi beberapa diantaranya adalah:

a. Berdasarkan kadar serat

Menurut MacFarlane dan Radforth (1965), tanah gambut dapat dikelompokkan menjadi dua macam yaitu:

1. Fibrous peat, tanah gambut yang dikelompokkan kedalam jenis ini apabila mempunyai kandungan serat sebanyak 20%.
2. Amorphous granular peat, tanah gambut dikelompokkan kedalam jenis ini apabila kandungan seratnya $> 20\%$. Sifat dari tanah ini hampir menyerupai tanah lempung.

Sedangkan berdasarkan ASTM D 4427-29, tanah gambut dapat disebut sebagai tanah organosol yang dapat dibedakan dari kandungan seratnya menjadi 3 jenis yaitu:

1. Fibric : kadar serat yang terkandung pada tanah gambut $> 67\%$.

2. Hemic : kadar serat yang terkandung pada tanah gambut 33%-67%.
3. Sapric : kadar serat yang terkandung pada tanah gambut < 33%.

b. Berdasarkan proses dekomposisi

Von Post (1992) mengklasifikasikan tanah gambut berdasarkan tingkat dekomposisi (pelapukan) serat tanah dengan cara yang sangat sederhana. Hanya didasarkan pada kondisi fisik tanah gambut yang diremas melalui tangan dan diamati secara visual. Sistem klasifikasi ini dikenal dengan klasifikasi Von Post yang dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2. Klasifikasi Gambut berdasarkan Von Post (1992)

Derajat Pembusukan	Deskripsi
H1	Gambut yang sama sekali belum membusuk, yang mengeluarkan air cukup jernih. Sisa-sisa tumbuhan yang ada akan dengan mudah diidentifikasi. Tak ada material <i>amorf</i> yang terlihat.
H2	Gambut yang hampir seluruhnya belum mengalami pembusukan sama sekali, yang mengeluarkan air cukup jernih atau sedikit kekuning-kuningan. Sisa-sisa tumbuhan yang ada akan dengan mudah diidentifikasi. Tak ada material <i>amorphous</i> yang terlihat.
H3	Gambut yang sangat sedikit mengalami pembusukan, yang mengeluarkan air keruh dan berwarna coklat, tapi jika diremas tak ada bagian gambut yang melalui sela-sela jari. Sisa-sisa tumbuhan yang ada masih dapat dengan mudah diidentifikasi. Tak ada material <i>amorf</i> yang terlihat.
H4	Gambut yang sedikit mengalami pembusukan, yang mengeluarkan air gelap dan sangat keruh. Jika diremas tak ada bagian gambut yang melalui sela-sela jari tapi sisa-sisa tumbuhan yang ada sedikit berbentuk seperti bubur dan telah kehilangan beberapa ciri yang dapat dikenali.
	Gambut yang mengalami pembusukan sedang yang

H5	mengeluarkan air sangat keruh dan jika diremas akan ada sedikit butiran gambut <i>amorf</i> melalui sela-sela jari. Struktur dari sisa-sisa tumbuhan sedikit sukar untuk dikenali, walaupun masih memungkinkan untuk mengidentifikasi ciri-ciri tertentu. Dan sisa-sisa tumbuhan tersebut hampir seluruhnya berbentuk seperti bubur.
H6	Gambut yang hampir separuhnya mengalami pembusukan dengan struktur tumbuhan yang sukar untuk dikenali. Jika diremas sekitar sepertiga bagian dari gambut akan keluar melewati sela-sela jari. Sisa-sisa tumbuhan tersebut hampir seluruhnya berbentuk seperti bubur dan menunjukkan struktur tumbuhan yang lebih mudah untuk dikenali dibandingkan sebelum diremas.
H7	Gambut yang lebih dari separuhnya telah membusuk. Mengandung banyak material <i>amorf</i> dan struktur tumbuhan sangat kering yang sukar dikenali. Jika diremas sekitar setengah bagian dari gambut akan keluar melewati sela-sela jari. Kalaupun ada air yang keluar, akan berwarna sangat gelap.
H8	Gambut yang hampir seluruhnya telah membusuk dengan sejumlah besar material <i>amorf</i> dan struktur tumbuhan sangat kering yang sukar dikenali. Jika diremas sekitar 2/3 bagian dari gambut akan keluar melewati sela-sela jari. Sejumlah kecil sisa-sisa tumbuhan akan tertinggal di tangan berupa sisa-sisa akar dan serat yang tidak membusuk.
H9	Gambut yang telah membusuk seluruhnya dimana hampir tidak ada lagi sisa-sisa struktur tumbuhan yang dapat dilihat. Jika diremas, hampir seluruh gambut akan keluar melewati sela-sela jari dalam bentuk pasta yang hampir seragam.
H10	Gambut yang telah membusuk sempurna tanpa ada struktur tumbuhan yang dapat dilihat. Jika diremas, seluruh bagian gambut yang basah akan keluar melewati sela-sela jari.

(Sumber : Von Post 1992 dalam Panduan Geoteknik I 2001)

c. Berdasarkan kadar organik

Tanah dapat diklasifikasikan sebagai tanah gambut apabila mempunyai kadar organik > 75% (Tuncer B. Edil, 1992). ASTM (1985), OSCR (1983), dan LGS (1982) juga mengklasifikasikan

tanah sebagai gambut apabila mempunyai kadar organik > 75%. Tetapi menurut USSR (1982), dinamakan tanah gambut apabila kadar organik > 50%.

4. Klasifikasi berdasarkan sifat fisik tanah gambut

Menurut sistem dari ASTM D4427-92 klasifikasi tanah gambut dapat didasarkan pada lima hal dari sifat fisiknya yaitu kadar serat, kadar abu, tingkat keasaman, tingkat penyerapan dan komposisi tumbuhan seperti Tabel 2.3 berikut ini:

Tabel 2.3. Klasifikasi ASTM D4427-92

Dasar Klasifikasi	Kategori	Keterangan
Kandungan serat	1. Fibric	Kandungan serat > 67%
	2. Hemic	Kandungan serat 33-67 %
	3. Sapric	Kandungan serat <33%
Kandungan abu	1. Low ash	Kandungan abu < 5%
	2. Medium ash	Kandungan abu 5-15%
	3. High ash	Kandungan abu > 15%
Keasaman (Acidity)	1. High Acidity	Nilai pH <4,5
	2. Moderate Acidity	Nilai pH 4,5-5,5
	3. Slightly Acidity	Nilai pH 5,5-7
	4. Basic	Nilai pH > 7
Absorbency	1. Extremely	Kapasitas daya tampung air > 1500%
	2. Highly	Kapasitas daya tampung air 800-1500%
	3. Moderately	Kapasitas daya tampung air 300-800%
	4. Slightly	Kapasitas daya tampung air <300%
Komposisi botani	1. Single botani	Paling sedikit 75% dari kandungan seratnya
		dari satu jenis tanaman pembentuknya
	2. Multi botani	Paling banyak 25% dari kandungan seratnya

		dari satu jenis tanaman pembentuknya
--	--	--------------------------------------

(Sumber : ASTM D4427-92)

2.3. Sifat Fisik dan Teknis Tanah Gambut

Parameter yang penting agar dapat menentukan sifat fisik tanah gambut adalah kadar air, spesifik gravity, kadar organik, angka pori, keasaman, rembesan, dan berat volume. Sedangkan sifat teknis tanah gambut yang perlu diperhatikan adalah pemampatan (*compressibility*) dan daya dukung (*bearing capacity*).

2.3.1. Sifat Fisik Tanah Gambut

Konsep dasar untuk tanah yang selama ini dikenal yaitu tanah terdiri dari 3 (tiga) fase yang meliputi fase padat (*solid*), fase cair (*liquid*) dan fase gas. Konsep tersebut sebenarnya juga berlaku pada tanah gambut baik untuk gambut yang berserat maupun gambut yang tidak berserat. Hanya saja fase padat pada tanah gambut berserat tidak selalu merupakan bagian yang padat karena serat-seratnya pada umumnya berisi air dan atau gas. MacFarlan (1959) menyebutkan bahwa tanah gambut berserat mempunyai 2 (dua) macam pori yaitu makro pori (pori diantara serat-serat) dan mikro pori (ruang pori yang berada dalam serat).

Sifat fisik tanah gambut berserat (*fibrous peat*) sangat berbeda dengan tanah lempung (*clay*). Ada beberapa parameter untuk menentukan sifat fisik tanah lempung dan tanah gambut yaitu kadar air (w_c), berat volume (γ), angka pori (e) dan spesifik gravity (G_s). Disamping itu ada beberapa parameter yang penting untuk menentukan sifat fisik tanah gambut tetapi tidak penting untuk tanah lempung yaitu : kadar organik, kadar serat, kadar abu, keasaman, kemampuan menyerap air. Sebaliknya batas-batas Arterberg yang merupakan parameter sangat penting untuk tanah lempung ternyata tidak diperlukan untuk tanah gambut (Adam, 1965).

Secara garis besar parameter-parameter tanah gambut dapat dijelaskan sebagai berikut :

a. Kadar Air (w_c)

Tanah gambut mempunyai kemampuan menyerap dan menyimpan air yang sangat tinggi, sehingga daerah gambut merupakan daerah simpanan air yang sangat besar ditandai dengan muka air tanah yang berada dipermukaan. Jumlah air yang diserap sangat bergantung pada derajat dekomposisi tanah yang bersangkutan. Gambut berserat mempunyai daya serap air yang besar dibandingkan gambut tidak berserat; hal ini disebabkan gambut berserat mempunyai dua jenis pori yaitu : makropori yang berada diantara serat-serat dan mikropori yang berada didalam serat-serat yang bersangkutan. Kadar airnya dapat lebih besar dari 500% (Mochtar, N.E, 1985, 1991, 1998, 1999 dan 2000; serta Pasmari, 2000). Secara umum menurut MacFarlane (1969) variasi kadar air tanah gambut berkisar antara 750-1500%, tetapi kadar air tersebut dapat berubah dengan drastis apabila tercampur dengan bahan inorganik meskipun dalam kadar yang kecil.

b. Specific Gravity (G_s)

Penentuan nilai G_s untuk tanah gambut dilakukan dengan menggunakan kerosin (Akroyd, 1975). Tanah yang mengandung bahan organik cukup tinggi mempunyai nilai G_s sekitar 1,4 sedangkan tanah mineral umumnya mempunyai nilai G_s sekitar 2,7. Hal ini telah dibuktikan oleh Skempton dan Petley (1970) pada tanah yang terletak pada daerah iklim sedang. MacFarlane (1969) menyebutkan bahwa harga specific gravity (G_s) untuk tanah gambut (*Temperated Peat*) berkisar antara 1,50-1,60. Harga G_s untuk tanah gambut di Indonesia menurut Mochtar, N.E (1991, 1998, 1999 dan 2000) adalah berkisar 1.38 s/d 1.52.

c. Kadar Abu dan Kadar Organik (A_c dan O_c)

Kadar abu tanah gambut dapat ditentukan dengan beberapa metode yaitu memasukkan gambut yang telah dioven pada 105⁰C kedalam oven dengan temperatur 440⁰C (metoda C) atau 750⁰C (metoda D) sampai sampel menjadi

abu (ASTM D 2974-87). Disamping itu MacFarlane (1969) menganjurkan pemakaian temperatur 800°C – 900°C selama 3 jam. Nilai kadar abu tanah gambut bervariasi antara 2-37,5% (MacFarlane, 1969). Material organik tanah gambut secara umum merupakan material yang mengandung zat carbon yang mudah terbakar. Kadar organik tanah gambut mempunyai pengaruh terhadap sifat fisik lainnya, secara umum kadar organik yang tinggi akan menyebabkan kadar air, angka pori dan pemampatan yang tinggi pula. Kadar organik tanah gambut di Indonesia mempunyai variasi nilai 95%-99% (Mochtar, N.E, 1991, 1998, 1999 dan 2000).

d. Angka Pori (e)

Angka pori dari tanah gambut khususnya gambut berserat bisa mencapai nilai 25 (Hanrahan, 1954); sedangkan untuk gambut tidak berserat angka porinya lebih kecil dibandingkan gambut berserat yaitu bernilai 2 (Hillis dan Brawner, 1961). Untuk tanah gambut Indonesia nilai angka porinya bervariasi antara 5 s/d 11 (Mochtar, N.E, 1991, 1998, 1999 dan 2000).

e. Keasaman (pH)

Tanah gambut mempunyai sifat keasaman (*acidic reaction*) yang disebabkan oleh kandungan *karbon dioksida* dan *humid acid* yang timbul dari proses pembusukan. Air gambut (*peaty water*) yang pada umumnya bebas dari air laut mempunyai pH berkisar antara 4-7 (Lea, 1956); sedangkan pH pada gambut Riau mempunyai harga 3,9 (Mochtar, N.E, dkk. 1999). Tingkat keasaman tanah gambut bergantung pada musim dan cuaca. Harga pH tertinggi terjadi setelah hujan lebat turun diikuti dengan musim panas yang terik. Sifat ini sangat penting karena tanah dan air gambut mempunyai sifat korosif terhadap beton dan baja.

f. Rembesan (k)

Kemampuan tanah gambut untuk mengalirkan air bergantung pada: kandungan bahan mineral pada gambut, derajat konsolidasi, dan derajat dekomposisi tanah gambut. Koefisien rembesan pada tanah gambut jenuh dapat diukur dilaboratorium dengan test *Variable Head Parameter*. Harga

rembesan tanah gambut berkisar antara $10^{-3} - 10^{-6}$ cm/det (Colley, 1950 dan Miyakawa, 1960). Pada tanah gambut berserat koefisien rembesan horisontalnya lebih besar dari koefisien rembesan arah vertikal. Barry, dkk. (1992) melakukan pengujian pemompaan (*permeability pumping test*) pada titik dangkal di hutan riau (jenis gambut H5-H6) yang menghasilkan nilai rembesan antara 10^{-2} hingga 10^{-4} m/det. Hanrahan (1964) melakukan uji konsolidasi pada tanah gambut yang menghasilkan perubahan nilai angka pori dan koefisien rembesan (setelah 7 bulan) masing-masing dari 12 menjadi 4,5 dan $4 \cdot 10^{-4}$ cm/det menjadi $8 \cdot 10^{-4}$ cm/det; hal ini menunjukkan bahwa tanah gambut sangat sensitif terhadap beban yang bekerja di atasnya.

g. Berat Volume (γ)

Berat volume tanah gambut bergantung pada kadar air dan kadar organik. Tanah gambut yang terendam air dan kadar organik tinggi; berat volumenya sekitar sama dengan berat volume air. Tingginya berat volume pada tanah gambut disebabkan adanya kandungan inorganik (MacFarlane, 1969). Hasil pengamatan yang dilakukan beberapa peneliti dan dirangkum oleh MacFarlane (1969) menunjukkan bahwa harga berat volume tanah gambut berkisar antara $0,9 \text{ t/m}^3$ sampai dengan $1,25 \text{ t/m}^3$. Untuk gambut Indonesia, harga berat volumenya berkisar antara $0,96 \text{ t/m}^3 - 1,04 \text{ t/m}^3$ (Mochtar, N.E, 1991, 1998, 1999 dan 2000).

2.3.2. Sifat Teknis Tanah Gambut

Selain sifat fisik tanah, sifat teknis merupakan hal yang penting dalam perencanaan suatu bangunan sipil yang berada di atas tanah gambut. Seperti halnya tanah inorganik lainnya; perhitungan daya dukung dan pemampatan tanah gambut sangat diperlukan untuk menentukan metoda yang tepat agar tanah gambut tersebut mampu dengan baik menopang bangunan sipil di atasnya. Parameter parameter yang dapat memberikan gambaran sifat teknis bagi tanah gambut meliputi : kuat geser dan pemampatan; disamping itu ada juga parameter yang penting untuk perencanaan daya dukung pondasi dalam (*deep foundation*) yaitu koefisien tekanan tanah kesamping dalam keadaan diam/at rest (K_o).

Parameter-parameter yang dapat memberikan gambaran sifat teknis dari tanah gambut adalah sebagai berikut :

a. Kekuatan Geser (τ_f')

Tanah gambut yang mempunyai kandungan organik besar merupakan *non cohesive material* (Adam, 1965), sehingga tanah gambut tidak mempunyai nilai kohesi seperti halnya tanah lempung. Kekuatan geser gambut dapat dihitung berdasarkan persamaan :

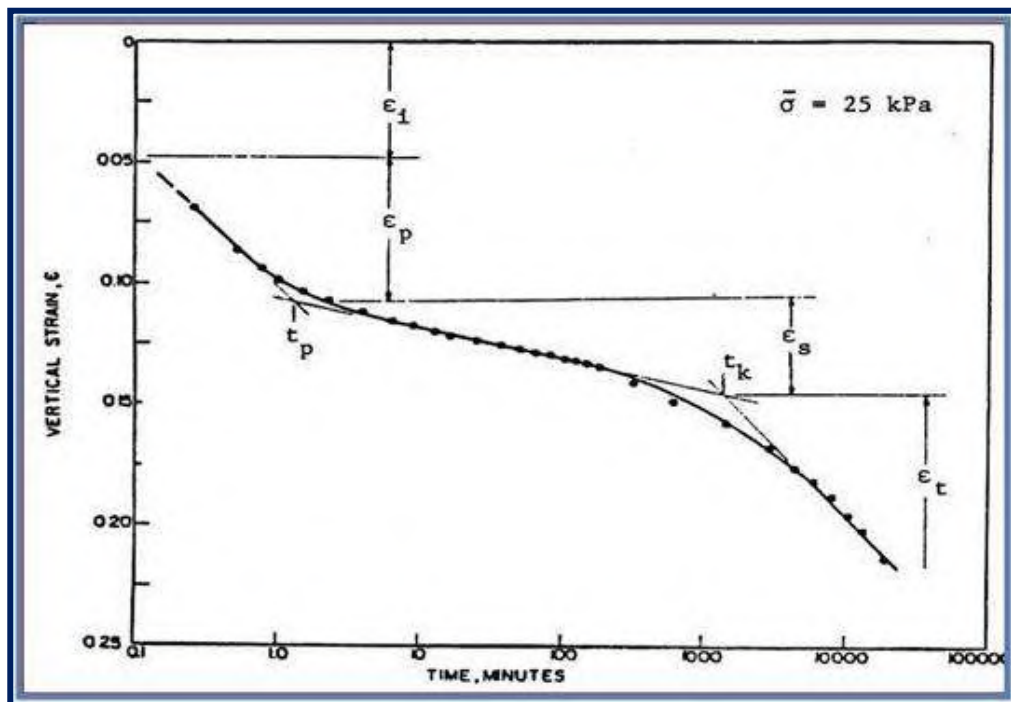
$$\tau_f = \sigma_u \cdot \tan \phi_u \quad \text{atau} \quad \tau_f' = \sigma_u' \cdot \tan \phi'$$

Dari beberapa penelitian yang dilakukan menyebutkan bahwa harga ϕ_u dan ϕ' untuk tanah gambut lebih tinggi jika dibandingkan tanah inorganik yaitu sekitar 50° untuk gambut tak berserat dan sekitar $53^\circ - 57^\circ$ untuk gambut berserat (Edil dan Dhowian, 1981). Berdasarkan penelitian Landva (1982) harga sudut geser dalam untuk tanah gambut berserat adalah $27^\circ - 32^\circ$ dengan rentang beban 3 sampai 50 kPa. Harga sudut geser dalam yang tinggi kemungkinan disebabkan oleh kandungan serat pada tanah gambut. Anderson dan Hemstock (1959) melakukan penelitian tentang pengaruh kadar air terhadap kekuatan tanah gambut dengan menggunakan vane shear. Diketahui bahwa semakin besar kadar air pada gambut semakin kecil kekuatannya. Tetapi untuk tanah gambut yang terbentuk kembali (*remoulded*) kekuatannya jauh berkurang (sekitar 50%) jika dibandingkan tak terganggu (Anderson dan Hamstock, 1959). Kekuatan pada tanah gambut *remoulded* juga berkurang apabila kadar airnya semakin tinggi; namun perubahan kekuatan tersebut sangat kecil dibandingkan dengan gambut tak terganggu (*undisturbed*) apabila kadar airnya semakin tinggi.

b. Pemampatan (*Compressibility*)

Sifat tanah gambut terhadap beban yang bekerja di atasnya sangat sensitif; hal ini menunjukkan bahwa tanah gambut mempunyai harga pemampatan yang tinggi (*high compressibility*). Tanah gambut tak berserat (*amorphous granular peat*) perilakunya menyerupai tanah lempung; namun pada gambut

berserat (*fibrous peat*) perilaku pemampatan sangat berbeda dengan tanah lempung; hal ini ditunjukkan pada kurva pemampatan (Regangan vs Log waktu) gambut berserat yang dilakukan pengujian laboratoirum (Dhowian, dkk. 1980, Mochtar, N.E, dkk. 1991, 1999 dan 2000). Regangan yang terjadi pada tanah gambut terdiri atas empat komponen regangan yaitu : regangan langsung (ϵ_i), regangan primer (ϵ_p), regangan sekunder (ϵ_s) dan regangan tersier (ϵ_t). Perilaku pemampatan pada beban 25 kPa ditunjukkan pada Gambar 2.2. Menurut Dhowian, dkk. (1980) dan Mochtar, N.E, dkk. (1991) pemampatan primer terjadi dalam waktu yang pendek sedangkan pemampatan sekunder terjadi dalam waktu yang cukup lama dengan kecepatan cukup besar. Dari grafik pemampatan diatas diketahui bahwa pemampatan tanah gambut berserat mempunyai kurva *virgin* yang terdiri dari 2(dua) garis patah dimana hal ini sangat berbeda dengan tanah lempung (Dhowian dan Edil 1980, Mochtar, N.E, 1985, Arfiono dkk. 1987, Mochtar, N.E, 1988, Mochtar dan Mochtar, N.E, 1991, Mochtar, N.E, dan Eding 1999, serta Mochtar, N.E, dan Eding 2000) sehingga persamaan untuk menentukan besar pemampatan tanah lempung berdasarkan persamaan Terzaghi (1925) dan Busman (1936) tidak dapat diterapkan pada tanah gambut berserat.



Gambar 2.2. Kurva hubungan ϵ vs Log t pada tanah gambut dengan beban 25 kPa (Dhowian dan Edil, 1980).

c. Koefesien Tekanan Tanah Kesamping Kondisi Diam/at Rest (k_o)

Penentuan harga K_o untuk tanah lempung dapat ditentukan secara empiris dengan persamaan Brooker (1965) yaitu : $K_o = 0,95 - \sin \phi'$. Harga K_o untuk tanah gambut dari penelitian yang dilakukan edil dan Dhowian (1981) dan Mochtar, N.E, dkk (1998) menunjukkan harga K_o untuk tanah gambut selalu lebih kecil dari tanah lempung. Harga K_o gambut tidak berserat lebih tinggi dibandingkan gambut berserat. Adam (1961) menyatakan bahwa nilai K_o terbesar pada tanah gambut sebesar 0,5 tetapi nilai K_o akan terus menurun mencapai 0,175 apabila beban konsolidasi terus bertambah.

2.4. Metode Perbaikan Tanah Gambut

Karena sifat tanah gambut yang sangat tidak menguntungkan sebagai tanah pondasi dari suatu konstruksi; maka harus dilakukan suatu perbaikan tanah gambutnya (*peat soil improvement*) untuk meningkatkan daya dukungan (*bearing capacity*) sebelum digunakan sebagai penopang bangunan

sipil agar memberikan pelayanan yang baik. Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam memilih metode perbaikan tanah gambut adalah :

1. Ketebalan lapisan tanah gambut dan lapisan dibawahnya (Tabel 2.4.)
2. Jenis tanah gambut : gambut berserat atau tidak berserat
3. Besarnya pemampatan yang harus ditanggulangi.

Tabel 2.4. Klasifikasi Tanah Gambut Menurut Kedalamannya

Dasar Klasifikasi	Kategori	Keterangan
Kedalaman Gambut	< 1,0 m	Shallow
	1,0 – 1,5 m	Moderate
	1,5 – 3,0 m	Deep
	> 3,0 m	Very Deep

(Sumber : Jamil, et. al, 1989.)

Metode yang digunakan dalam perbaikan tanah gambut secara umum dikelompokkan dalam 2 (dua) metode yaitu : metode mekanis dan metode stabilisasi.

2.4.1. Metode Perbaikan Cara Mekanis

Usaha mekanis yang sering dilakukan dalam perbaikan tanah gambut adalah penggantian lapisan tanah (*replacement*), memberi beban timbunan/*surchage* (*preloading*) dengan atau tanpa kombinasi dengan lapisan *geosynthetics*, gelar kayu/*corduroy*, penggunaan cerucuk, serta kolom pasir/*sand column*.

Cara yang paling mudah dan sering dilakukan yaitu dengan cara menggali (*Excavation*) dan mengganti (*replacement*) lapisan tanah gambut tersebut dengan pasir/tanah urugan yang lebih baik yang mampu menahan beban besar dan pemampatannya kecil. Namun hal ini memerlukan volume tanah galian yang cukup besar sehingga akan merusak ekosistem tambang galian di daerah quarry nya (gunung, sugai atau laut) selain polusi lalu lintas yang akan ditimbulkan akibat lalu lintas kendaraan pengangkut material. Metode *replacement* pada tanah

gambut dalam volume besar juga memerlukan tempat yang cukup luas untuk menimbunnya dan dampak dari timbunan gambut yang kering akan mudah terbakar dan menghasilkan asap yang lebih banyak dan lebih sulit dipadamkan.

Prinsip kerja *preloading* adalah memampatkan lapisan tanah gambut dengan cara memberi beban awal yang berupa *surcharge* (timbunan tanah) sebelum pembangunan konstruksi permanen dilaksanakan (Hakim, 1989). Dengan memampatnya lapisan tanah gambut tersebut maka lapisan yang bersangkutan menjadi lebih padat yang berarti kemampuan mendukung beban meningkat dan hampir tidak terjadi lagi pemampatan. Metode perbaikan ini biasanya dikombinasi dengan pemasangan *geosynthetics* mengingat daya dukung lapisan tanah gambut sangat kecil dan juga untuk menjaga agar tanah timbunan tidak tercampur dengan tanah gambut yang berada dibawahnya. Namun pemampatan pada tanah gambut masih cukup besar dan berlangsung sangat lama, sehingga sangat riskan bagi bangunan sipil diatasnya.

Pemasangan galar kayu atau *corduroy* merupakan metode perbaikan tanah gambut yang dilakukan dengan cara meletakkan satu lapis kayu dengan diameter 8.0 - 10.0 cm melintang jalan. Diatasnya, kemudian diletakkan tanah timbunan sebagai tubuh jalan. Galar kayu berfungsi untuk meningkatkan daya dukung, meratakan penurunan/pemampatan, dan sebagai jalan kerja saat pekerjaan pembuatan tubuh jalan. Metode ini telah banyak diaplikasikan pada pembangunan jalan di Pontianak, Kalimantan Barat, seperti jalan Tol Kapuas-Landak, jalan Sungai Durian - Rasu Jaya, dan jalan Naga Kalis – Putussibau (Pasaribu, 1998). Metode ini tidak bisa digunakan lagi mengingat kebutuhan kayu yang sangat besar akan mengakibatkan rusaknya hutan yang ada.

Pemakaian cerucuk atau dolken untuk peningkatan daya dukung lapisan tanah gambut juga telah banyak diimplementasikan di pembangunan jalan di Pontianak, Kalimantan Barat, seperti: Pontianak-Supadio Jalur II, jalan Arteri Siantar, dan Arteri Pontianak-Supadio Jalur I (Pasaribu, 1998). Pemasangan cerucuk atau dolken tersebut dimaksudkan untuk membuat lapisan gambut menjadi lebih kaku oleh cerucuk sehingga hampir tidak ada pemampatan di lapisan gambut yang bersangkutan. Disamping itu, cerucuk juga berfungsi meneruskan beban konstruksi ke lapisan tanah yang lebih kuat. Untuk menjaga

agar tanah timbunan yang diletakkan di muka tanah tidak bercampur dengan tanah dasar/tanah gambut, dan agar beban timbunan dapat diteruskan secara merata ke lapisan tanah dasar, maka bagian atas cerucuk dipasang papan dengan ukuran 20 cm x 20 cm dan tebal 3 cm; cerucuk jenis ini dinamakan cerucuk dengan tiang sayap. Jarak antar cerucuk sekitar 50 cm arah memanjang maupun melintang. Metode cerucuk ini juga memerlukan volume kayu dalam jumlah besar sehingga tidak tepat digunakan pada metode perbaikan tanah gambut yang berwawasan lingkungan.

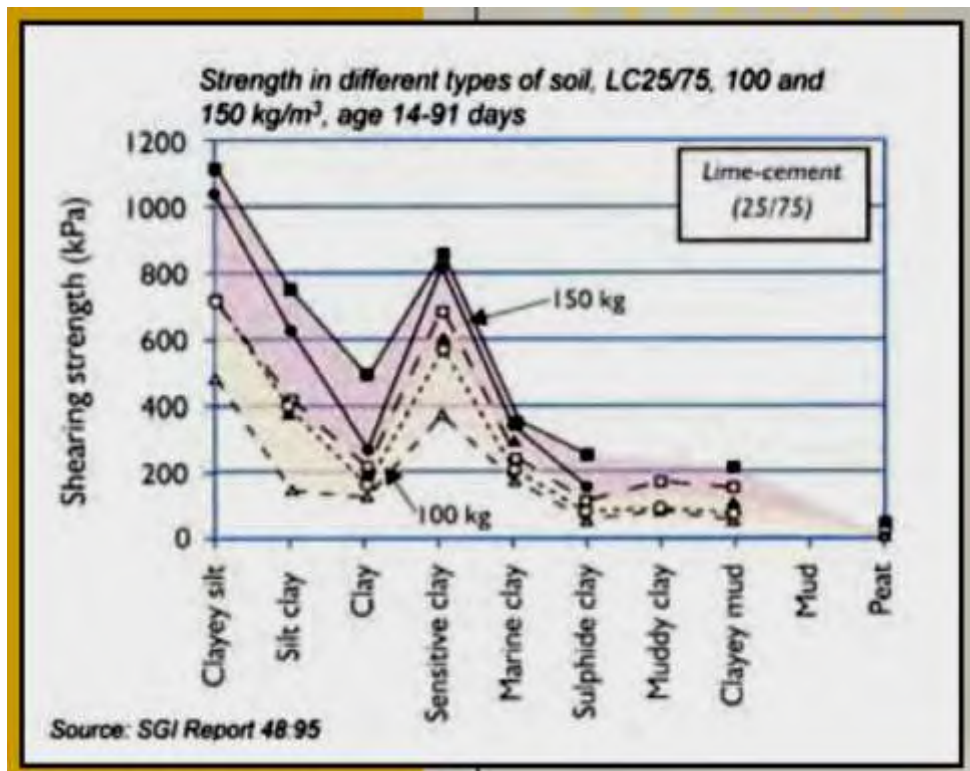
Pemasangan kolom-kolom pasir (*sand column*) pada lapisan tanah gambut (Lee dkk, 1988 dan Agustiono 1989) juga merupakan alternatif metode perbaikan yang banyak dipilih. Hal ini dapat dilakukan dgn cara meletakkan pasir di muka tanah gambut setebal ± 1 meter kemudian di tumbuk dengan palu dengan berat tertentu yang dijatuhkan dari ketinggian tertentu. Jarak kolom pasir dibuat berdasarkan kebutuhan. Dengan metode ini maka lapisan tanah gambut menjadi padat karena adanya kolom-kolom pasir yang berarti daya dukungnya naik dan pemampatannya menjadi berkurang. Penggunaan kolom pasir untuk areal yang luas akan menimbulkan kerusakan lingkungan pada tempat penambangan pasir sebagai akibat jumlah pasir yang diambil sangat besar.

2.4.2 Metode Stabilisasi

Metode perbaikan tanah dengan cara mencampurkan bahan kimia dikenal sebagai metode stabilisasi. Stabilisasi yang dilakukan pada tanah lempung memberikan hasil yang sangat memuaskan (terutama dengan bahan kapur). Tetapi metode ini kurang berhasil jika dibandingkan dengan metode perbaikan tanah cara mekanis seperti yang telah diuraikan diatas. Hal ini mungkin disebabkan tanah gambut tidak mengandung silica yang dibutuhkan oleh kapur untuk membentuk CaSiO_3 yang berbentuk gel yang secara perlahan gel tersebut mengkristal menjadi "*Calcium Silicate Hydrates*". Selain itu, lapisan yang distabilisasi biasanya hanya setebal 60 cm di permukaan saja sehingga lapisan lembek yang berada dibawahnya masih belum cukup kuat untuk menerima beban yang ada diatasnya.

Penggunaan bahan semen sebagai bahan stabilisasi atau campuran semen-kapur ataupun *cement column* pada tanah gambut belum diketahui bagaimana realisasinya di lapangan meskipun dalam skala laboratorium kekuatan dan pemampatan yang dihasilkan cukup memuaskan (Hendry 1998, Duraisamy 2007, Hashim.dkk 2008); hal ini disebabkan mungkin karena penggunaan semen untuk stabilisasi dalam jumlah banyak menimbulkan biaya yang relatif mahal sehingga stabilisasinya menjadi tidak efisien lagi. Penggunaan *deep mixing stabilization* akan berdampak sangat baik jika tanah yang distabilisasi merupakan tanah anorganik; hal ini telah dilakukan oleh beberapa perusahaan diantaranya "Keller Ground Engineering Pty. Ltd" yang berada di new south Wales Australia, dimana hasil stabilisasi dengan metode tersebut untuk berbagai jenis tanah menunjukkan bahwa tanah *clay-silt* menghasilkan nilai yang paling baik dan *peat soil* menunjukkan nilai yang sangat rendah.

Karena alasan tersebut diatas maka stabilisasi dilakukan sampai setebal lapisan tanah gambut (*deep stabilization*) dimana metode ini telah dikembangkan sejak tahun 1970 an oleh Jepang dan Swedia untuk jenis tanah selain gambut. Beberapa jenis bahan stabilisasi telah dikembangkan termasuk cara mencampurkannya di lapangan. Jelisic dan Leppanen (1993) telah mengembangkan metode yang disebutnya sebagai *Mass Stabilization*, dimana bahan stabilisasi yang dipakai adalah bahan produk buangan industri yang tidak berbahaya untuk lingkungan. Cara mencampurkannya menggunakan sistim *deep stabilization*. Penggunaan semen maupun kapur pada tanah gambut tidak dapat menghasilkan kekuatan yang diinginkan disebabkan gambut merupakan tanah organic. Gambar 2.3. menjelaskan hasil penerapan lapangan oleh Keller Ground Engineering Pty. Ltd (2002) pada berbagai jenis tanah yang distabilisasi dengan campuran kapur dan semen.



Gambar 2.3. Grafik kekuatan beberapa jenis tanah dari stabilisasi DSM (Keller Ground Engineering Pty. Ltd, 2002)

2.5. Penggunaan Campuran Kapur (*Lime*) dan Abu terbang batubara (*Fly Ash*) sebagai Bahan Stabilisasi

Penggunaan kapur sebagai bahan stabilisasi pada tanah lempung telah banyak dilakukan dengan hasil yang cukup memuaskan. Bowles (1997) menyatakan bahwa penambahan kapur sebesar 2-4% dari volume lempung yang akan distabilisasi akan menurunkan nilai indeks plastisitasnya. Namun seperti yang telah disampaikan diatas kapur tidak dapat digunakan pada tanah gambut karena gambut tidak mengandung silica. Untuk itu dipilihlah abu batu bara (*fly ash*) yang volumenya berlimpah di Indonesia dengan kandungan silica yang besar.

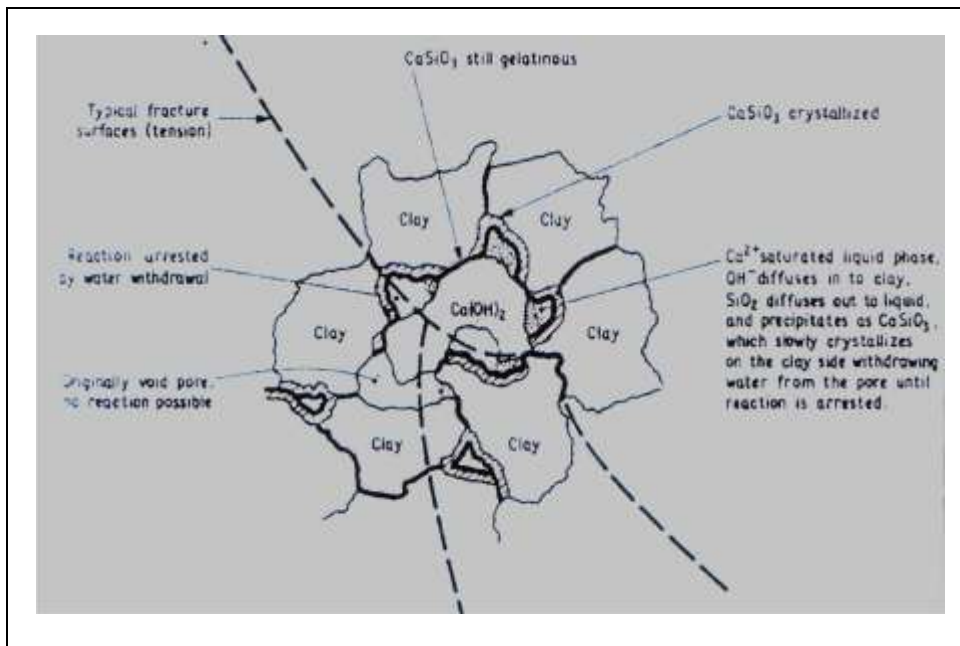
2.5.1. Kapur

Limbah kapur berasal dari industri pupuk ZA (*Amonium sulfat*) yang bahan bakunya berasal dari *phospho gypsum* (diperoleh dari pabrik asam sulfat) serta *amoniak* (NH_3) dan *karbon dioksida* (CO_2). Kapur yang merupakan sisa

produksi industri pupuk ZA masih mengandung bahan yang dapat dimanfaatkan terutama CaCO_3 , Al_2O_3 , dan F_2O_3 (Petrokima-Gresik, 2009). Berdasarkan kandungan tersebut, beberapa manfaat ‘kapur’ adalah sebagai bahan pencampur untuk memperbaiki lahan pertanian, perikanan, dan perkebunan (Petrokima-Gresik). Kapur juga dapat digunakan sebagai bahan baku industri semen (ITB-UI, 2008) dan bahan baku material bangunan (Sigh, dkk. 2008).

Pada lahan pertanian, kapur berfungsi meningkatkan pH tanah menjadi netral, meningkatkan ketersediaan unsur hara dalam tanah, menetralkan senyawa-senyawa beracun baik organik maupun non organik, merangsang populasi dan aktivitas mikroorganisme tanah. Sedangkan pada tanaman, kapur memacu pertumbuhan akar dan membentuk perakaran yang baik, membuat tanaman lebih hijau dan segar serta mempercepat pertumbuhan, meningkatkan produksi dan mutu hasil panen. Manfaat kapur pada lahan tambak adalah mempertinggi pH pada tambak yang rendah, memberantas hama penyakit, mempercepat proses penguraian bahan organik, memproduksi gas asam arang (CO) yang dihasilkan oleh proses pembusukan.

Pada tanah lempung, kapur di dalam tanah akan bereaksi dengan *silica* (SiO_3) membentuk “*water insoluble gel*” dari *calcium silicate* (CaSiO_3) yang berfungsi mengikat partikel tanah. Gel yang terbentuk mempunyai perilaku seperti semen dan berfungsi sebagai “*cementing agent*”. Silicate gel yang terbentuk kemudian membungkus dan mengikat gumpalan-gumpalan tanah dan menutup pori tanah (Gambar 2.4). Setelah itu secara perlahan gel tersebut mengkristal menjadi “*Calcium Silicate Hydrates*” yang membuat tanah tidak mudah dimasuki air dari luar. Keadaan ini menjadikan tanah menjadi stabil yang berarti tidak mudah berubah volume karena tidak lagi bersifat kembang susut.



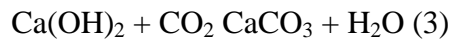
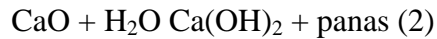
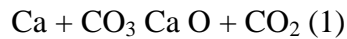
Gambar 2.4. Sketsa dari “*Calcium Silicate Hydrate*” yang mengkristal dan membungkus gumpalan-gumpalan tanah (Ingles, 1970).

Bahan dasar dari kapur adalah batu kapur. Batu kapur mengandung *kalsium karbonat* (CaCO_3), dengan pemanasan ($\pm 980^\circ \text{C}$) karbon dioksidanya keluar dan tinggal kapurnya saja (CaO). Kapur hasil pembakaran apabila ditambahkan air maka mengembang dan retak-retak. Banyak panas yang keluar (seperti mendidih) selama proses ini, hasilnya adalah *kalsium hidroksida* (Ca(OH)_2). Air yang dipakai untuk proses ini secara teoritis hanya 32 % berat kering kapur, tetapi karena faktor-faktor antara lain pembakaran, jenis kapur, dan sebagainya, kadang-kadang air yang diperlukan 2 atau 3 kali volume kapur (Wiquyah, 2006).

Susunan batu kapur terdiri dari :

- Jumlah karbonat (CO_3) : 97%
- Kapur tohor (CaO) : 29,77-55,5%
- Magnesium (MgO) : 21-31%
- Silika (SiO_2) : 0,14-2,41%
- Alumina (Al_2O_3) dan Oksida Besi (Fe_2O_3) : 0,5%

Proses kimia pembentukan kapur dapat ditulis sebagai berikut (Tjokrodinuljo, 1992 dalam Fathani, 1998) :



Kapur sebagai bahan stabilisasi, biasanya digunakan kapur mati (*slake lime*) atau kalsium hidroksida (Ca(OH)_2), dan kapur hidup (*quick lime*) atau kalsium oksida (CaO). Kalsium oksida (CaO) lebih efektif pada kasus-kasus tertentu, kapur jenis ini mempunyai kelemahan-kelemahan pada pelaksanaannya, yaitu menyebabkan alat-alat mudah berkarat dan berbahaya terhadap keselamatan pekerja. Dalam pelaksanaan stabilisasi, kapur yang sering digunakan adalah kalsium hidroksida (Ca(OH)_2), sedangkan kalsium karbonat (CaCO_3) kurang efektif sebagai bahan stabilisasi kecuali sebagai pengisi (Ingles dan Metcalf, 1992).

2.5.2. Fly Ash

a. Definisi & Proses terbentuknya Fly Ash

Fly ash (abu terbang batubara) merupakan salah satu macam dari *pozzolan* buatan. *Pozzolan* adalah suatu bahan yang mengandung *silika* atau *aluminium silika* yang tidak mempunyai sifat sebagai perekat (sementasi) pada dirinya sendiri tetapi dengan butirannya yang sangat halus bisa bereaksi secara kimiawi dengan kapur dan air untuk membentuk bahan perekat (senyawa-senyawa yang mempunyai sifat hidraulis) pada temperatur normal. Definisi Fly ash menurut ACI (*American Concrete Institut*) adalah hasil pemisahan sisa pembakaran yang halus dari pembakaran batubara yang dialirkan dari ruang pembakaran melalui ketel berupa semburan asap, yang dikenal di Inggris sebagai "*Pulverized Fuel Ash*" atau Pfa.

Fly ash atau abu terbang dihasilkan oleh Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) dimana dalam memanaskan tanur atau ketel uapnya menggunakan batu bara sebagai bahan bakarnya. Unsur utama dalam batu bara adalah karbon yang karena bersumber dari alam, batu bara juga mengandung unsur-unsur mineral tanah seperti silika, alumina, oksida, besi, kapur, alkali, belerang dan air.

Batubara yang akan digunakan sebelumnya digiling/dihancurkan agak halus dulu. Didalam ruang bakar dari ketel uap, pembakaran akan mencapai suhu antara 900°C – 1200°C . Bagian batu bara yang dapat terbakar seperti karbon dan belerang akan menghasilkan panas, gas CO_2 , dan SO_2 . Bagian yang tidak terbakar berupa tanah liat, kwarsa, feldspar dan sebagainya menjadi massa lebur. Massa ini dengan cepat melewati ruang pembakaran yang suhunya rendah dan akan membentuk partikel-partikel padat yang berbentuk butiran. Sebagian butiran ini berkumpul menjadi abu padat (*bottom ash*), tetapi sebagian besar butiran halus terbang mengikuti aliran gas dan keluar dari ketel uap lewat cerobong yang disebut abu terbang (*fly ash*). Pada cerobong, partikel abu ini dipisahkan dari gas buang dengan alat elektrostatic precipitator yang kemudian ditampung dalam beberapa hopper.

b. Sifat Fisik dan Karakteristik Fly Ash

Menurut laporan ACI Committee 226, 3R-87, ukuran dan bentuk karakteristik partikel fly ash tergantung dari tempat asal dan kesamaan dari batubara, derajat penghancuran sebelum dibakar, pembakaran yang merata dan type dari sistem pembakaran yang digunakan. Kebanyakan dari partikel fly ash adalah seperti kaca, padat, berlubang atau berbentuk bola. Partikel yang berbentuk bola kosong berlubang disebut CENOSPHERES, dan yang berbentuk bulatan-bulatan yang mengandung lebih sedikit partikel fly ash disebut PLEROSPHERES. Ukuran fly ash bervariasi, lebih kecil dari $1\text{ }\mu\text{m}$ sampai kurang dari 1 mm , memiliki butiran cukup halus yang mayoritas lolos saringan $45\text{ }\mu\text{m}$. Menurut Luke (1961), specific gravity fly ash padat berkisar antara 1,97 sampai dengan 3,02 tetapi pada umumnya berkisar antara 2,2 sampai 2,8.

Material fly ash ini berwarna abu-abu apabila dihasilkan langsung dari pembakaran batubara pada keadaan kurang oksigen. Warna tersebut dapat berubah-ubah dari abu-abu muda sampai hitam. Proses pembakaran batubara memegang peranan yang sangat penting sebab fly ash yang dihasilkan akan semakin baik apabila proses pembakarannya semakin sempurna. Pembakaran yang tidak sempurna akan menghasilkan warna fly

ash kehitam-hitaman. Hal ini disebabkan karena kandungan karbon yang terdapat pada fly ash masih banyak yang belum terbakar.

c. Komposisi Kimia Fly Ash

Telah banyak penelitian dilakukan untuk mempelajari kandungan kimia yang terdapat pada fly ash, diantaranya P.K Mehta (1993), Abadi (1998), Sucofindo (1999). Pada Tabel 2.5. diperlihatkan kandungan kimia dari PLTU dari Paiton dan PLTU dari Suryalaya.

Tabel 2.5. Kandungan Kimia fly ash dari PLTU Suryalaya dan Paiton

Nama Mineral	Persentase	Persentase
	Suryalaya	Paiton
Silikon Dioksida (SiO_2)	55.29%	29.80%
Ferri Dioksida (Fe_2O_3)	1.84%	12%
Aluminium Trioksida (Al_2O_3)	31.68%	22.88%
Kalsium Oksida (CaO)	0.53%	17.36%
Magnesium Oksida (MgO)	0.47%	7.85%
Sulfur Trioksida (SO_3)	1.99%	4.31%
Kalium Oksida (K_2O)	0.28%	0.55%
Natrium Trioksida (Na_2O_3)	0.83%	-
Natrium Oksida (Na_2O)	-	2.32%
Titan Dioksida (TiO_2)	-	0.65%
Posfor Pentaoksida (P_2O_5)	-	0.32%
Hilang Pada Pemijaran	2.49%	2%
Kadar Air	2.10%	-

Sumber : Abadi, Taufan Candra, 1998

d. Jenis dan Produksi Fly Ash

Sifat proses pozzolanic fly ash mirip dengan bahan pozzolan lainnya. Menurut ASTM C 618-94a, fly ash dibedakan lagi menjadi dua kelas berdasarkan atas kandungan CaO , yaitu sebagai berikut :

a. Fly ash Kelas C (*High-calcium fly ash*)

Fly ash kelas C adalah fly ash yang mengandung CaO diatas 10% dari beratnya. Senyawa lain yang terkandung didalamnya adalah SiO_2 sebanyak 30% - 50%, Al_2O_3 sebanyak 17% - 20%, Fe_2O_3 , MgO , Na_2O dan sedikit K_2O . Fly ash jenis ini berasal dari pembakaran lignite atau batubara sub bituminous dan mempunyai berat jenis sekitar 2,31 – 2,86 t/m^3 (ACI 226 3R-87). Fly ash kelas C ini dapat bereaksi langsung dengan air membentuk

CSH, Kalsium hidroksida dan ettringinite dan mengeras seperti semen (*cementitious*). Sifat ini disebabkan oleh kandungan kalsium yang tinggi.

b. Fly ash Kelas F (*Low-calcium fly ash*)

Fly ash kelas F adalah fly ash yang mengandung CaO kurang dari 10% dari beratnya. Senyawa lain yang terkandung di dalamnya adalah SiO₂ sebanyak 45%-60% , Al₂O₃ sebanyak 20%-28%, Fe₂O₃, MgO, K₂O dan sedikit Na₂O. Fly ash jenis ini berasal dari pembakaran anthracite atau batubara bituminous dan mempunyai berat jenis 2,15-2,45 t/m³ (ACI 226 3R-87). Fly ash kelas F ini tidak dapat mengadakan sementasi secara langsung dengan air karena kandungan CaO nya sedikit. Dengan kandungan CaO yang kecil maka Ca(OH)₂ yang dihasilkan juga sedikit bila dibandingkan dengan kelas C.

Sebagian besar fly ash dihasilkan dari sisa pembakaran Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU). PLTU di Indonesia penghasil fly ash adalah sebanyak 10 (sepuluh) PLTU di Jawa dan 30 (tiga puluh) PLTU diluar Jawa, dimana penyumbang terbesar diantaranya adalah :

1. PLTU Paiton (Probolinggo)
2. PLTU Suryalaya (Banten)
3. PLTU Bukit Tinggi (Sumatera)
4. PLTU Asam-asam (Kalimantan Selatan)

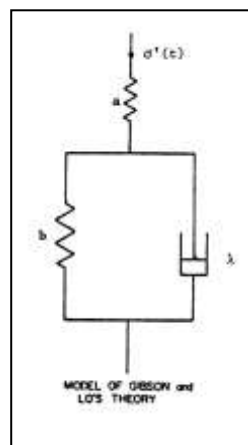
Pada Tahun 2000, produksi fly ash di dunia adalah sebesar 349 milyar ton; sedangkan di Indonesia sebesar 1,66 milyar ton dengan prediksi pertumbuhan 700.000 s/d 1 juta ton / thn. Dengan jumlahnya yang begitu besar dan juga kandungan kimianya, fly ash dapat menimbulkan masalah pencemaran lingkungan dan gangguan kesehatan (Taufan Abadi Chandra, 2007). Karena alasan tersebut maka banyak usaha telah dilakukan oleh para ilmuwan untuk memanfaatkan fly ash tersebut diantaranya untuk pembuatan beton dan perbaikan tanah; sebagai contoh : Jelisic dan Leppanen

(1993), Triwulan dan Marwan (1997), Abadi (2007), Utomo dan Gunawan (2008).

2.6. Metode Gibson dan Lo

Metode Gibson & Lo (1961) adalah metode yang digunakan untuk menghitung besarnya pemampatan yang terjadi dilapangan pada tanah gambut berserat. Metode ini menganggap bahwa viskositas struktural dari tanah adalah linier dan struktur yang mengalami pemampatan sekunder dianggap mempunyai perilaku seperti model reologi yang ditunjukkan pada Gambar 2.5. Model tersebut terdiri atas sebuah model Hooke yang disambung secara seri dengan sebuah model Newton berupa elemen tunggal peredam dan dashpot yang menunjukkan efek non linier yang bergantung pada fungsi waktu. Untuk waktu (t) yang besar, nilai regangan ditulis sebagai berikut :

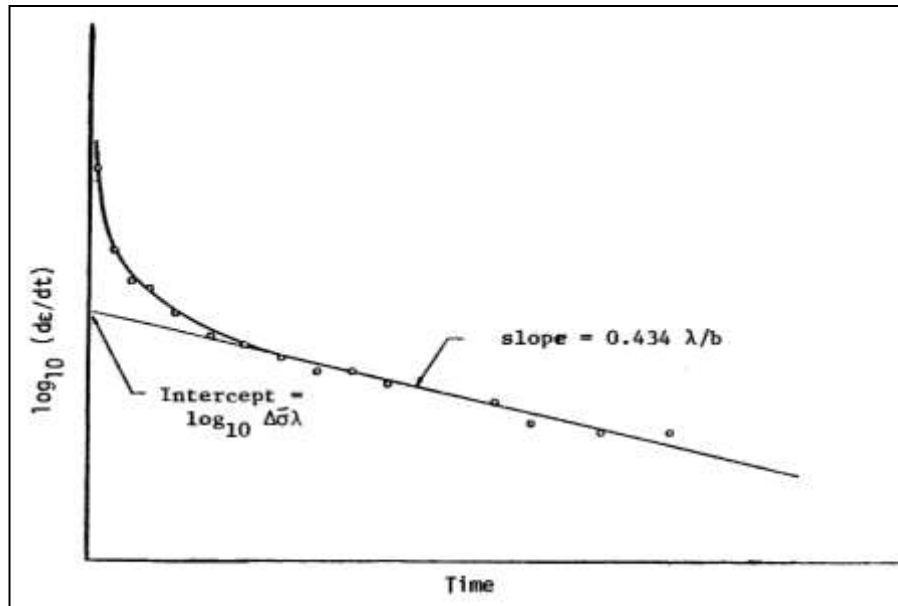
$$\varepsilon(t) = \Delta\sigma'[a + b(1 - e^{-\frac{\lambda}{b}t})] \dots\dots\dots \text{pers. 2.1}$$



Gambar 2.5. Model reologi Gibson & Lo (1961)

Parameter a, b dan λ/b dari persamaan diatas dapat ditentukan dari data pemampatan untuk tanah yang bersangkutan dengan cara yang dijelaskan oleh Lo & Bozozuk (1976) dan oleh Edil & Dhowian (1970). Metode ini menggunakan grafik hubungan antara Log strain rate/kecepatan regangan ($\text{Log } d\varepsilon/dt$) dengan waktu (t) seperti pada Gambar 2.6. Apabila tanah tersebut mengikuti asumsi dasar yang dibuat untuk model reologi pada gambar 2.8, maka grafik hubungan antara

Log $d\varepsilon/dt$ versus Log t akan menghasilkan sebuah garis lurus dalam rentang waktu yang bersesuaian dengan pemampatan sekunder. Dari harga kemiringan garis (persamaan garis singgung $Y = mx+b$) dan perpotongan dari garis lurus terhadap sumbu vertikal (Log $d\varepsilon/dt$) dapat dihitung besarnya parameter-parameter empiris sebagai berikut :



Gambar 2.6 Grafik hubungan antara Log $d\varepsilon/dt$ versus Log t

Kemiringan garis (m) = $-0,434 (\lambda/b)$pers. 2.2

Nilai $b = \text{Log } (\Delta\sigma' \cdot \lambda)$ pers. 2.3

Perpotomgam dengan sumbu vertikal (Y) =

$$a = \frac{\varepsilon(t)}{\Delta\sigma} - b + b.e^{-(\lambda/b)t} \dots\dots\dots \text{pers. 2.4}$$

Dimana :

- a = Faktor pemampatan primer (m^2/kN)
- b = Faktor pemampatan sekunder (m^2/kN)
- $\Delta\sigma$ = Penambahan beban efektif (kN/m^2)

$\varepsilon(t)$ = Regangan yang terjadi pada saat t menit

$(\lambda/b)t$ = Faktor kecepatan pemampatan sekunder (1/menit)

e = angka epsilon : 2,71

2.6. Tanah Gambut yang Distabilisasi Tanpa Filtrasi Air

Febriani, M dan Mochtar N.E (2014) telah melakukan penelitian tanah gambut yang distabilisasi dengan menggunakan kapur Ca(OH)_2 dan fly ash. Dari hasil penelitian tersebut diperoleh bahwa prosentase admixture optimum untuk meningkatkan sifat fisik dan teknik tanah gambut sebesar 15% dengan perbandingan 10% Ca(OH)_2 + 90% fly ash.

Prosentase campuran bahan stabilisasi (stabilizer) untuk kapur dan fly ash dibuat sebanyak 4 tipe campuran yaitu (5% : 95%), (10%:90%), (15%:85%), dan (20%:80%). Setiap campuran diberi tambahan air yang bervariasi yaitu: 20%, 30%, dan 40% terhadap berat kering admixture serta diperam selama 1, 5, dan 10 hari, setelah itu dilakukan pengetesan untuk mengetahui sifat fisik dan kuat tekan (q_u) campuran bahan stabilisasi. Pemilihan campuran didasarkan pada:

1. Sifat fisik terbaik,
2. Kuat tekan tertinggi
3. Tingkat kemudahan (*work ability*) dalam pencampuran.

Semua parameter fisik dan teknis dengan empat variasi tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.6. Dari hasil tersebut dapat diketahui bahwa stabilizer dengan 10% kapur Ca(OH)_2 dan 90% fly ash merupakan prosentase campuran yang memberikan hasil paling optimum. Nilai kuat tekan campuran dengan 5% kapur Ca(OH)_2 tidak berbeda jauh dengan 10% kapur Ca(OH)_2 untuk kondisi penambahan kadar air yang sama. Mengingat tanah gambut memiliki kadar air yang sangat tinggi, maka bila hanya ditambahkan 5% kapur diperkirakan gel yang terbentuk tidak cukup banyak untuk mampu mengikat serat-serat gambut dan mengisi rongga gambut yang sangat besar. Sedangkan bila ditambahkan 15% atau 20% kapur Ca(OH)_2 ada kekhawatiran akan sulitnya saat pelaksanaan pencampuran di lapangan nantinya.

Tabel 2.6. Rekapitulasi Hasil Pengetesan Campuran Stabilizer dengan masa peram 10 hari

Parameter	satuan	20% Air			
		Prosentase Ca(OH)2 : FA			
		5 : 95	10 : 90	15 : 85	20 : 80
Sifat Fisik					
Kadar air	%	16.676	15.132	15.679	-
Berat volume	gr/cm ³	1.194	1.182	1.150	-
Specific gravity		2.532	2.518	2.497	-
Angka pori		1.474	1.453	1.511	
Sifat Teknis					
Kuat Tekan	kg/cm ²	0.602	1.146	0.404	-
Parameter	satuan	30% Air			
		Prosentase Ca(OH)2 : FA			
		5 : 95	10 : 90	15 : 85	20 : 80
Sifat Fisik					
Kadar air	%	23.301	23.523	23.995	24.991
Berat volume	gr/cm ³	1.692	1.655	1.685	1.682
Specific gravity		2.513	2.526	2.514	2.554
Angka pori		0.830	0.885	0.850	0.898
Sifat Teknis					
Kuat Tekan	kg/cm ²	11.947	11.709	12.221	12.257
Parameter	satuan	40% Air			
		Prosentase Ca(OH)2 : FA			
		5 : 95	10 : 90	15 : 85	20 : 80
Sifat Fisik					
Kadar air	%	34.789	34.789	34.665	33.087
Berat volume	gr/cm ³	1.702	1.691	1.690	1.671
Specific gravity		2.514	2.484	2.604	2.576
Angka pori		0.990	0.980	1.074	1.052
Sifat Teknis					
Kuat Tekan	kg/cm ²	3.232	12.746	11.057	14.002

(Sumber: Febriani, M. 2014)

Sifat fisik dan teknis tanah gambut yang distabilisasi mengalami kenaikan dengan variasi stabilizer. Rangkuman hasil uji sifat fisik dan teknis tanah gambut setelah distabilisasu dengan empat variasi campuran stabilizer dapat dilihat pada Tabel 2.7. Dari tabel tersebt dapat ditarik kesimpulan bahwa kadar air, angka pori, kadar organik dan total pemampatan semakin berkurang bila semakin banyak stabilizer yang dicampurkan dan bertambah lamanya umur stabilisasi. Sedangkan berat volume, spesifik gravity, dan kuat geser tanah semakin meningkat seiring dengan makin banyaknya stabilizer dalam campuran

dan lamanya umur stabilisasi.

Tabel 2.7. Rangkuman hasil uji sifat fisik dan teknis tanah gambut

N	Paramet	Satua	T																
			Kondisi	Umur Stabilisasi 10 Hari				Umur Stabilisasi 20 Hari				Umur Stabilisasi 30 Hari				Umur Stabilisasi 60 Hari			
				5	10%	15%	20%	5	10%	15%	20%	5	10%	15%	20%	5	10%	15%	20%
SIFAT FISIK																			
1	Kadar air (Wc)	%	646.99	417.95	318.26	220.35	205.021	367.03	299.89	231.27	197.089	392.45	299.73	218.57	192.041	410.44	320.24	213.21	170.155
2	Specific Gravity		1.472	1.862	2.072	2.224	2.259	1.972	2.133	2.250	2.346	2.052	2.189	2.279	2.396	2.045	2.088	2.192	2.372
3	Berat volume	gr/cm	1.042	1.065	1.086	1.087	1.137	1.120	1.192	1.247	1.247	1.163	1.199	1.240	1.258	1.149	1.185	1.201	1.240
4	Angka Pori		9.548	8.053	6.981	5.556	5.060	7.223	6.155	4.978	4.589	7.690	6.298	4.856	4.563	8.080	6.404	4.718	4.168
5	Kadar organik	%	98.750	69.93	61.66	46.47	40.5	70.59	54.54	48.92	44.3	68.61	58.68	48.75	38.19	63.69	50.72	48.11	38.09
SIFAT TEKNIS																			
1	Kuat geser	kPa	18.85	11.94	17.33	18.27	23.42	15.22	17.33	21.54	24.82	11.24	16.39	20.61	22.95	12.18	17.56	19.67	22.48
2	Total	mm	5.510	5.24	4.69	3.32	2.65	4.845	4.73	3.345	2.29	4.71	4.	3.55	3.412	6.075	4.625	3.605	2.57

(Sumber :Febriani, M 2014)

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Pendahuluan

Penelitian ini dilakukan dalam skala laboratorium, dengan dua tahapan pengujian. Tahap 1 merupakan pengujian tanah gambut berserat initial yaitu berupa pengujian sifat fisik dan teknis tanah gambut. Tahap 2 merupakan pengujian sifat fisik dan teknis tanah gambut dengan pengaruh filtrasi air setelah proses stabilisasi campuran antara kapur dan *fly ash*. Prosentase campuran bahan stabilisasi yang dipakai dalam penelitian ini didasarkan pada hasil studi sebelumnya yaitu 15% ($10\% \text{Ca(OH)}_2 + 90\% \text{fly ash}$) *admixture* optimum oleh Febriani dan Mochtar (2014) dan ditambah dengan 20% *admixture* ($10\% \text{Ca(OH)}_2 + 90\% \text{fly ash}$) yang didasarkan dari studi oleh Yulianto dan Mochtar (2009) yang menggunakan campuran abu sekam padi dan kapur CaCO_3 dengan pengaruh filtrasi air.

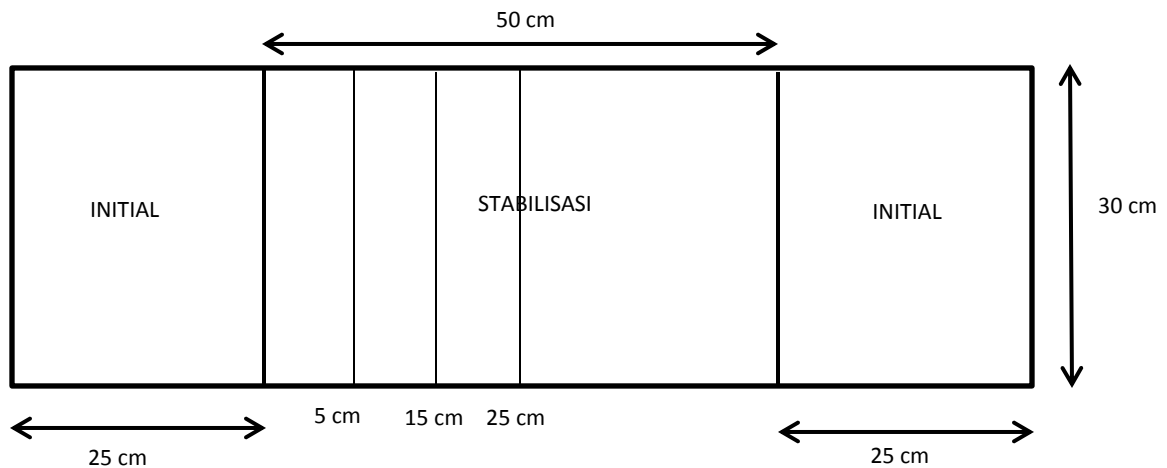
3.2. Penentuan Sifat Fisik dan Teknis Tanah Gambut Sebelum Distabilisasi

Penelitian Tahap 1 merupakan tahapan pengujian tanah gambut berserat kondisi initial. Diagram alur untuk pengujian dapat dilihat pada gambar 3.1.

1. Melakukan studi literatur dan referensi terdahulu tentang metode stabilisasi tanah gambut.
2. Pengambilan tanah gambut dari desa Bereng Bengkel, Palangkaraya, Kalimantan Tengah yang digunakan sebagai benda uji dalam penelitian.
3. Pembelian campuran bahan untuk stabilisasi: kapur Ca(OH)_2 dan *fly ash*
4. Pembuatan kotak pencampuran sebagai tempat untuk pengujian tanah gambut. Gambar kotak untuk tanah gambut yang distabilisasi dapat dilihat pada Gambar 3.1.
5. Menentukan volume tanah gambut yang dimasukkan kedalam kotak stabilisasi, kemudian menentukan berat tanah gambut yang akan

distabilisasi.

6. Untuk pengujian tanah gambut kondisi initial, diambil tanah gambut dalam kondisi undisturbed untuk diuji sifat fisik dan teknisnya.
7. Penentuan sifat fisik dan sifat teknis dari tanah gambut untuk kondisi initial.



Gambar 3.1. Ukuran Kotak Stabilisasi

3.3. Penentuan Sifat Fisik dan Teknis Tanah Gambut Setelah Distabilisasi yang Dipengaruhi oleh Filtrasi

Penelitian Tahap 2 merupakan tahapan pengujian tanah gambut dengan stabilisasi yang dipengaruhi oleh filtrasi air tanah gambut (sesuai dengan kondisi lapangan).

1. Penentuan prosentase *admixture* untuk stabilisasi tanah gambut, yaitu 15% dan 20%. Prosentase ini didapatkan dari penelitian sebelumnya.
2. Menentukan berat *admixture* yang ditambahkan pada tanah gambut yang akan distabilisasi. Berat dan volume tanah gambut yang ditambahkan bisa dilihat dari tabel 3.1 dan tabel 3.2 untuk tiap prosentase *admixture*.
3. Perencanaan umur stabilisasi selama 30, 60, 90 dan 120 hari.
4. Pengujian sifat fisik berupa kadar air, berat volume, *specific gravity*, angka pori dan kadar organik.

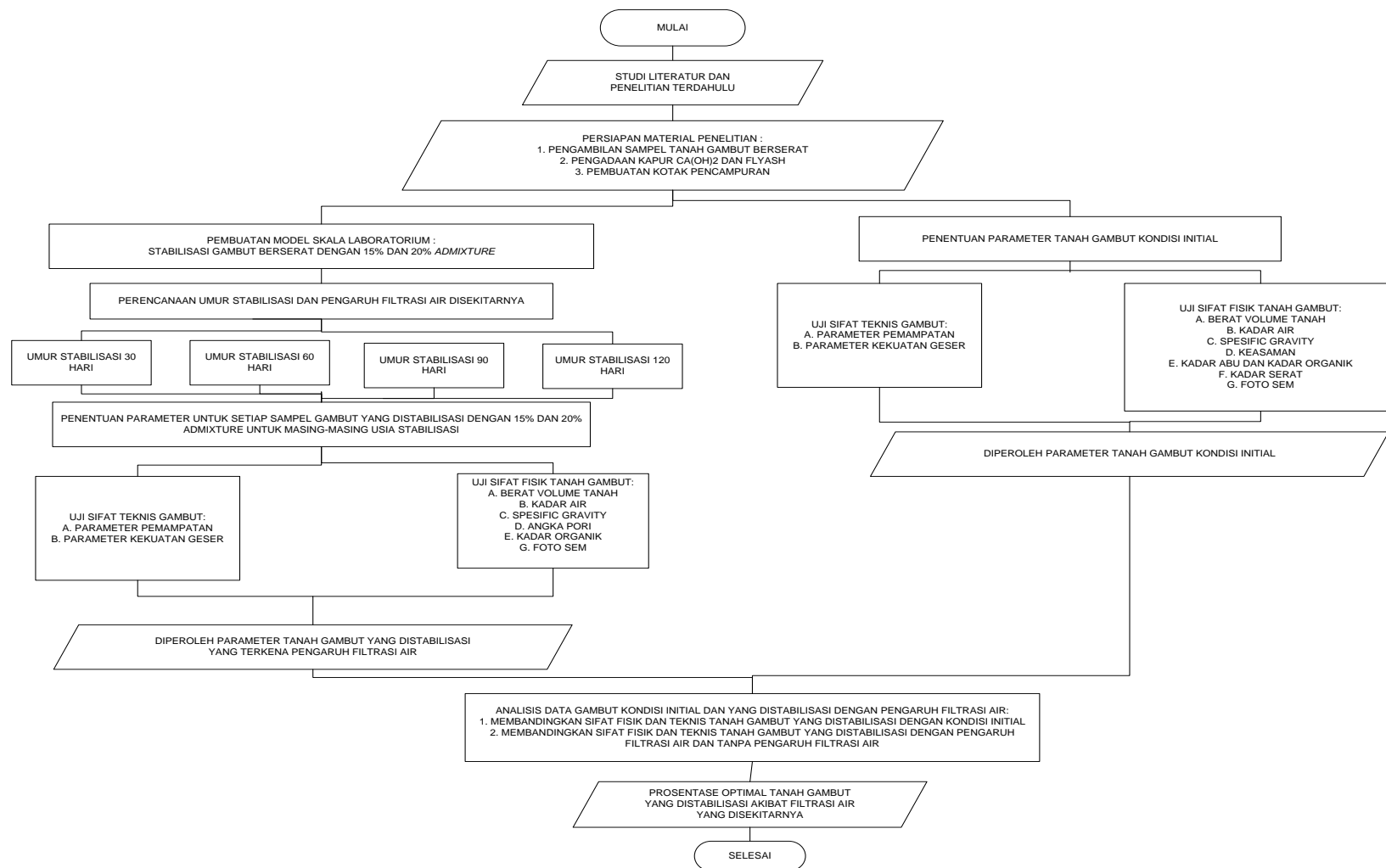
5. Pengujian sifat teknik berupa kuat geser dengan *direct shear* dan pemampatan.
6. Penentuan parameter fisik dan teknik untuk setiap sampel stabilisasi yaitu *admixture* 15% dan 20%.
7. Analisis data gambut kondisi initial:
 - a. Membandingkan sifat fisik dan teknis tanah gambut yang distabilisasi dengan tanah gambut kondisi initial
 - b. Membandingkan sifat fisik dan teknis tanah gambut yang distabilisasi dengan filtrasi air dan tanpa pengaruh filtrasi air.
8. Mengetahui prosentase optimal tanah gambut yang distabilisasi dengan pengaruh filtrasi air.

Tabel 3.1. Penentuan Berat Admixture 15%

No	Masa	Prosentase	Panjang Kotak	Volume	Berat	Volume Gambut	Berat Gambut	Berat	Berat	
	Peram	Admixture (%)	Pemodelan (m)	Gambut (m3)	Gambut (kg)	Stabilisasi (m ³)	Stabilisasi	Admixture	Kapur	Abu Terbang
1	10	15	1.00	0.06	62.64	0.030	31.32	4.70	0.47	4.23
2	30	15	1.00	0.06	62.64	0.030	31.32	4.70	0.47	4.23
3	60	15	1.00	0.06	62.64	0.030	31.32	4.70	0.47	4.23
4	90	15	1.00	0.05	54.29	0.026	27.14	4.07	0.41	3.66
5	120	15	1.00	0.06	62.64	0.030	31.32	4.70	0.47	4.23
Jumlah					304.85		152.42	22.86	2.29	20.58

Tabel 3.2. Penentuan Berat Admixture 20%

No	Masa	Prosentase	Panjang Kotak	Volume	Berat	Volume Gambut	Berat Gambut	Berat	Berat	
	Peram	Admixture (%)	Pemodelan (m)	Gambut (m3)	Gambut (kg)	Stabilisasi (m ³)	Stabilisasi	Admixture	Kapur	Abu Terbang
1	10	20	1.00	0.06	62.64	0.030	31.32	6.26	0.63	5.64
2	30	20	1.00	0.06	62.64	0.030	31.32	6.26	0.63	5.64
3	60	20	1.00	0.06	62.64	0.030	31.32	6.26	0.63	5.64
4	90	20	1.00	0.05	54.29	0.026	27.14	5.43	0.54	4.89
5	120	20	1.00	0.06	62.64	0.030	31.32	6.26	0.63	5.64
Jumlah					304.85		152.42	30.48	3.05	27.44



Gambar 3.2. Diagram Alur

BAB 4

PERUBAHAN SIFAT FISIK DAN TEKNIK TANAH GAMBUT YANG DISTABILISASI

4.1. Kandungan Kimia Bahan Stabilisasi

Seperti yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya, bahan stabilisasi kimia yang digunakan adalah *fly ash* dan kapur. Kedua bahan *stabilizer* tersebut diuji kandungan kimianya untuk mengetahui unsur apa saja yang terkandung di dalamnya dan seberapa besar prosentasenya. Diharapkan pada *fly ash* yang digunakan banyak terkandung unsur silika (Si) sehingga dapat bereaksi dengan kalsium (Ca) yang terkandung di dalam kapur ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) dengan sempurna. Campuran silika dan kalsium bila bereaksi dengan air akan membentuk gel CaSiO_3 yang mampu mengikat butiran dan mengisi pori dengan baik. Gel silika akan terbentuk sempurna bila prosentase seluruh komponen pembentuknya mempunyai perbandingan yang sesuai dengan kebutuhannya.

Fly ash yang digunakan berasal dari limbah hasil pembakaran Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Paiton Probolinggo, Jawa Timur. Pengujian kandungan kimia dilakukan oleh Laboratorium Sucofindo Surabaya menggunakan metode XRF. Hasil analisa kandungan kimia dapat dilihat pada Tabel 4.1. Unsur dominan dalam benda uji merupakan unsur Si (silika) dengan komposisi sebesar 38.81%. Sedangkan untuk Fe hanya sebesar 14.62%. Bila dibandingkan dengan hasil yang telah digunakan oleh peneliti lainnya pada stabilisasi tanah gambut, kandungan beberapa unsur seperti silika, aluminium (Al), besi (Fe), kalsium (Ca), kalium (K) dan tita (Ti) masih berada didalam rentang nilai yang ada seperti pada diagram batang pada Tabel 4.2.

Berdasarkan ASTM C618-03 fly ash diklasifikasikan menjadi dua kelas yaitu kelas F dan C. Dari hasil uji yang tertera pada tabel 4.1, maka penentuan kelas fly ash sesuai ASTM C 618-03 adalah:

1. $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3 = 71.31\% > 70\%$ maka fly ash tipe F.
2. $\text{SO}_3 = 1.21\% < 5\%$ maka fly ash tipe F.
3. $\text{CaO} = 16.02\% > 10\%$ maka fly ash C.

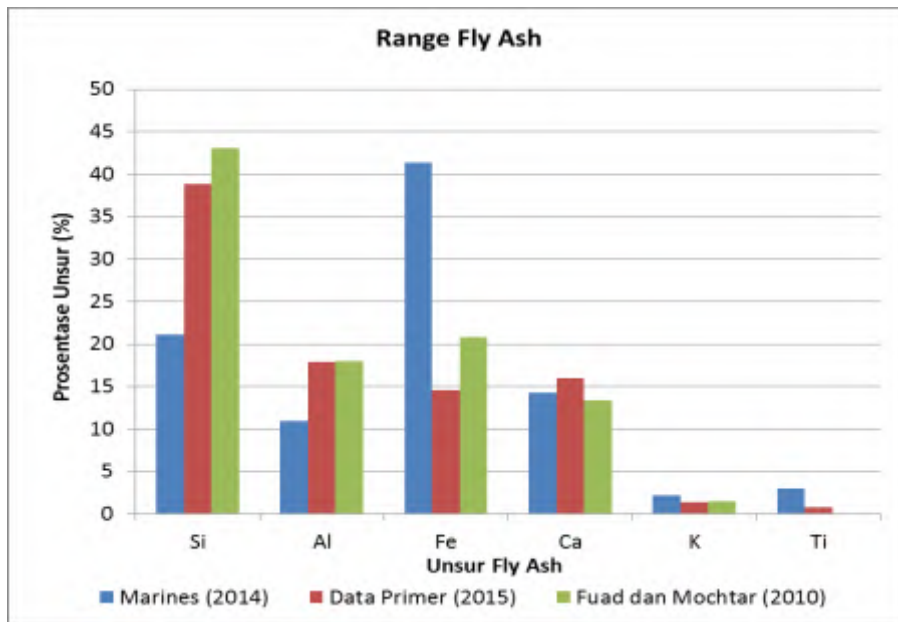
Dari hasil tersebut terlihat bahwa fly ash yang digunakan dalam studi ini masuk dalam kelas F dikarenakan 2 dari syarat di atas, fly ash memenuhi kategori kelas F yang mempunyai Ca yang cukup tinggi yaitu sekitar 16,02%. Dari hasil laboratorium didapatkan berat jenis fly ash sebesar 2.25 t/m^3 .

Tabel 4.1 Komposisi Kimia *Fly Ash*

No	Parameter	Unit	Hasil Test	Metode
1	SiO_2	%	38.81	PO-MOM-01
2	MgO	%	6.68	
3	CaO	%	16.02	
4	TiO_2	%	0.78	
5	Al_2O_3	%	17.88	
6	Na_2O	%	1.76	
7	K_2O	%	1.35	
8	Fe_2O_3	%	14.62	
9	Mn_2O_3	%	0.18	
10	Cr_2O_3	%	0.01	
11	SO_3	%	1.21	
12	LOI	%	0.7	

(Sumber : Data Primer, 2015)

Dari Tabel 4.1 dapat disimpulkan bahwa kandungan unsur Si adalah yang tertinggi sedangkan kandungan unsur Al merupakan kandungan nomor 2 terbesar.



Gambar 4.1. Range fly ash dengan peneliti sebelumnya

Tabel 4.2 Komposisi Kimia Fly Ash Bila Dibandingkan Hasil Peneliti Lain

Sumber	Unsur (%)					
	Si	Al	Fe	Ca	K	Ti
Data Primer (2015)	38.81	17.88	14.62	16.02	1.35	0.78
Marines Febriani (2014)	21.1	11	41.4	14.3	2.17	3
Fuad dan Mochtar N.E (2010)	43.1	18	20.8	13.4	1.46	
Range	9.5-69.32	3.5-38.58	0.02-42.30	0.69-17.62	0.44-2.02	0.48-2.5

(Sumber : Data Primer, 2015)

Untuk bahan stabilisasi lainnya yaitu kapur Ca(OH)_2 yaitu kapur yang mudah ditemukan dalam kebutuhan sehari-hari. Bahan stabilizer ini juga diuji kandungan kimianya untuk mengetahui berapa persen nilai kandungan CaO (kalsium oksida) yang terdapat dalam kapur yang akan digunakan sebagai bahan stabilisasi. Hasil uji kimia dengan metode XRF bisa dilihat pada tabel 4.3. Dari tabel 4.3 nilai kandungan CaO merupakan nilai yang paling besar dibandingkan nilai unsur-unsur yang lain sehingga unsur Ca yang terdapat pada kapur bisa bereaksi dengan unsur Si yang terdapat pada fly ash dengan sempurna.

Tabel 4.3 Komposisi Kimia Kapur

No	Parameter	Unit	Hasil Test	Metode
1	SiO_2	%	0.18	PO-MOM-01
2	MgO	%	4.21	
3	CaO	%	50.81	
4	MgCO_3	%	8.81	
5	Al_2O_3	%	0.09	
6	Na_2O	%	0.04	
7	K_2O	%	0.01	
8	Fe_2O_3	%	0.07	
9	MnO_2	%	0.01	
10	Cr_2O_3	%	0.01	
11	CaCO_3	%	90.66	
12	Moisture Content	%	0.19	PO-MOM-02

(Sumber: Data Primer 2015)

4.2. Tanah Gambut Initial

Pengujian sifat fisik tanah gambut dilakukan di laboratorium dengan parameter pengujian berupa sifat fisik dan sifat teknik. Sifat fisik tanah gambut yang diuji yaitu : kadar air (wc), *specific gravity* (Gs), kadar serat (Fc), kadar organik (Oc), kadar abu (Ac), serta sifat teknis tanah gambut yaitu konsolidasi dan kuat geser gambut. Pengujian laboratorium dilakukan sesuai dengan Peat Testing Manual ASTM-1984, hasil pengujian gambut initial diberikan pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Sifat Fisik Gambut Initial

NO	PARAMETER YANG DITENTUKAN				Peneliti Lainnya
SIFAT FISIK TANAH					
1	Berat Volume	γ	0.99	gr/cm ³	0.9 - 1.25
2	Specific Gravity	Gs	1.31		1,4-1,7
3	Kadar Air	Wc	511.97	%	500-1000
4	Kadar Serat		77.55	%	39.5 - 61.3
5	Kadar Organik	Oc	93.7	%	≥ 75
6	Kadar Abu	Ac	6.3	%	2 - 37,5
7	Keasaman (<i>Acidity</i>)		3,5 s/d 6		3 - 7
8	Angka pori	e	11.027		5 - 15
9	Distribusi Ukuran Serat				
	a. Serat kasar		47.21	%	35.35 - 49.69
	b. Serat medium		24.19	%	31.94 - 35.84
	c. Serat halus		28.61	%	18.37 - 29.00
SIFAT TEKNIS TANAH					

1	Sudut Geser Dalam	ϕ	25	$^{\circ}$	$30^{\circ} - 50^{\circ}$
2	Kohesi	c	8.37	kPa	
3	Parameter Pemampatan:				
	- koef pemampatan primer	a	0.004555		
	- koef pemampatan sekunder	b	5.E-04		
	- faktor kecep pemamp sekunder	λ/b	4.61E-04		

(Sumber: Data Primer 2015)

Berdasarkan hasil pengujian tersebut diketahui bahwa parameter fisik dan teknis gambut initial masih berada dalam rentang hasil pengujian yang dilakukan oleh peneliti lainnya (Hanrahan 1954, Lea 1959, MacFarlane and Radforth 1965, MacFarlane 1969, Mochtar, NE. et al. 1991, 1998, 1999, 2000, and Pasmara 2000). Tanah gambut yang diteliti dapat diklasifikasikan sebagai gambut berserat (*fibric*) dengan kandungan abu rendah (*low ash*), keasaman tinggi dan hemic (menurut Vonpost).

Hasil uji laboratorium menunjukkan nilai berat volume sebesar 0.99 t/m^3 . Nilai ini masih dalam interval nilai hasil pengujian oleh peneliti lainnya dan mendekati nilai berat volume air. Hal tersebut menunjukkan jika tanah gambut memiliki kandungan air dan kadar organik yang tinggi serta nilai kadar air yang tinggi yaitu 511.97% menunjukkan bahwa dalam tanah gambut merupakan air dengan jumlah 5 kali lipat dari butiran solid yang berarti bahwa gambut merupakan tanah dengan pori yang besar ($e=11.027$).

Nilai spesifik gravitasi (G_s) menunjukkan nilai 1.62 yang berarti bahwa nilai G_s yang didapat dari pengujian < 2 maka dapat dikatakan jika tanah gambut yang diuji belum terkontaminasi mineral. Sesuai dengan MacFarlane (1965)

yang menyebutkan bahwa nilai G_s tanah gambut yang melebihi 2.0 mengindikasikan bahwa tanah gambut telah terkontaminasi oleh mineral.

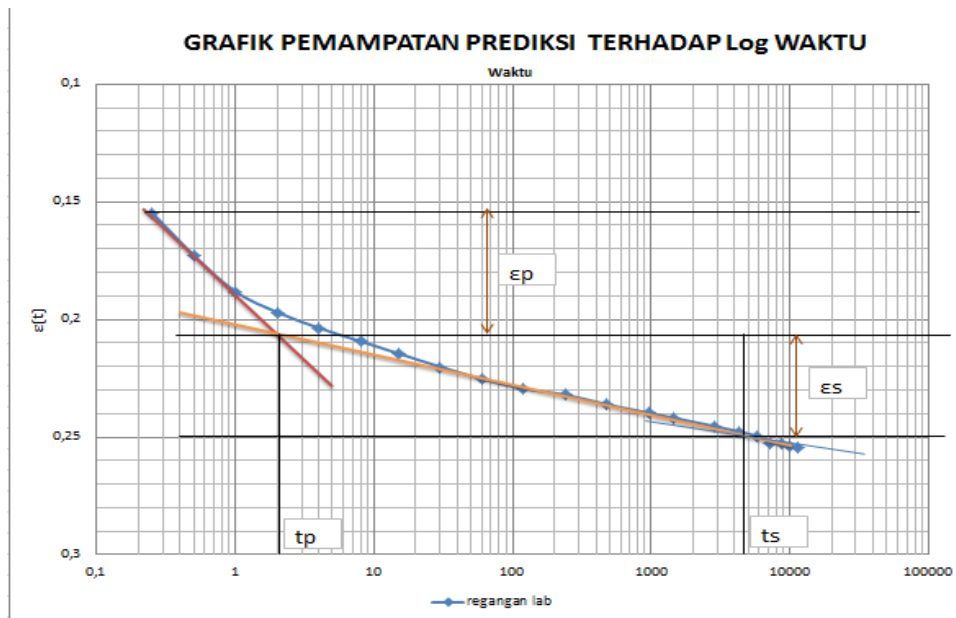
Kadar serat gambut yang diteliti mencapai 77.5% dan merupakan tanah gambut berserat. Nilai ini di luar interval nilai hasil pengujian oleh peneliti lainnya. Hal ini dimungkinkan terjadi karena masih adanya serat-serat yang berukuran relatif besar yang mempengaruhi pengukuran pada waktu pengujian. Distribusi ukuran serat tanah gambut yang diuji didominasi serat-serat berukuran besar yaitu sebesar 47.21%, hal ini menunjukkan proses pembusukan yang terjadi masih sedikit sehingga serat kasar dan medium masih terlihat jelas dan gambut yang diteliti termasuk dalam gambut H5 berdasarkan klasifikasi Von Post (1992).

Pengujian sifat teknis yang dilakukan berupa kuat geser menggunakan direct shear dan kemampumampatan menggunakan uji konsolidasi. Tanah gambut berserat merupakan tanah gambut yang bersifat kohesif, sehingga kekuatan gesernya sangat dipengaruhi oleh kadar dan ukuran seratnya. Nilai sudut geser dalam percobaan ini didapatkan sebesar 25°. Nilai sudut geser dalam yang besar ini kemungkinan disebabkan oleh adanya serat-serat kasar (sesuai dengan distribusi ukuran serat) berukuran besar yang menahan geser yang terjadi pada saat pengujian direct shear.

Nilai kohesi sebesar 8.37 kPa dari pengujian direct shear merupakan nilai semu karena tanah gambut merupakan tanah organik yang tidak mempunyai kohesi dan adanya nilai kohesi menunjukkan tanah sudah terkontaminasi dengan mineral lempung.

Pengujian kemampumampatan tanah gambut kondisi initial menggunakan uji konsolidasi satu tahapan beban (Mochtar N.E 1985). Hasil pengujian konsolidasi dapat dilihat pada Gambar 4.2 dimana pada kurva terlihat bahwa proses pemampatan primer berlangsung sangat cepat hanya 2 menit. Hal ini menunjukkan bahwa pemberian beban menyebabkan keluarnya air dari makropori dengan cepat karena tanah gambut memiliki pori yang cukup besar.

Penurunan sekunder terjadi cukup lama sampai dengan menit ke 4500 atau setelah 2 hari sejak dibebani. Sedangkan penurunan tersier yang terjadi sudah sangat kecil dan cenderung konstan.



Gambar 4.2. Kurva hubungan antara regangan dengan waktu pemampatan
(Sumber: Data Primer, 2015)

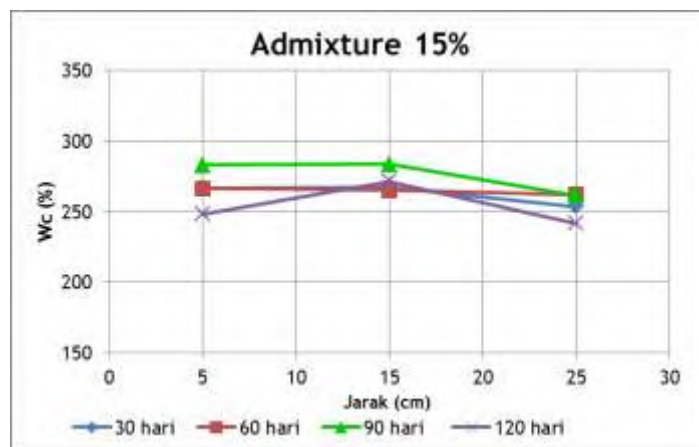
4.3 Sifat Fisik dan Teknis Tanah Gambut yang Distabilisasi

Pengujian sifat fisik tanah gambut yang distabilisasi dengan 15% dan 20% admixture (10% Ca(OH)_2 + 90% *Fly Ash*) meliputi kadar air (w_c), berat volume tanah (γ_t) dan *specific gravity* (G_s). Untuk sifat teknis yang diuji berupa kuat geser dan kemampumampatan tanah. Pengujian campuran *stabilizer* dilakukan pada umur 30, 60, 90, dan 120 hari.

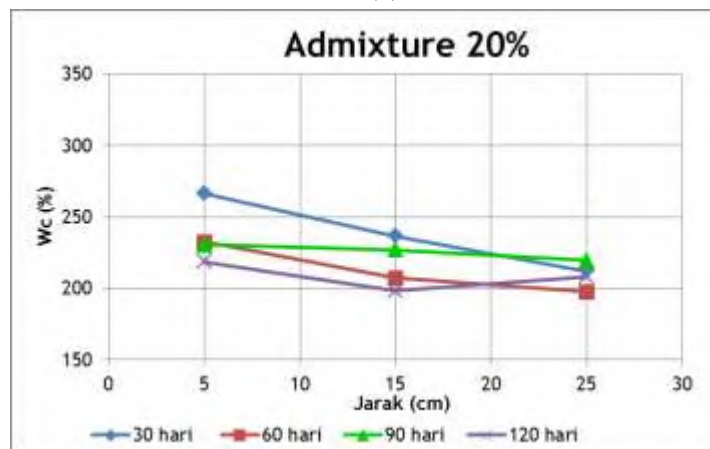
1. Kadar Air (w_c)

Kurva hubungan antara kadar air dengan admixture 15% dan 20% pada saat umur 30, 60, 90 dan 120 hari dapat dilihat pada Gambar 4.2 dan Gambar 4.3. Semakin besar prosentase admixture maka kadar air juga semakin menurun. Pengaruh umur pemeraman dan jarak dari kotak stabilisasi juga berpengaruh terhadap perubahan nilai kadar airnya.

Kondisi penurunan kadar air tersebut disebabkan semakin banyak stabilizer yang ditambahkan, semakin banyak pula air dalam pori yang digunakan untuk bereaksi dengan bahan stabilisasi membentuk gel CaSiO_3 .



(a)



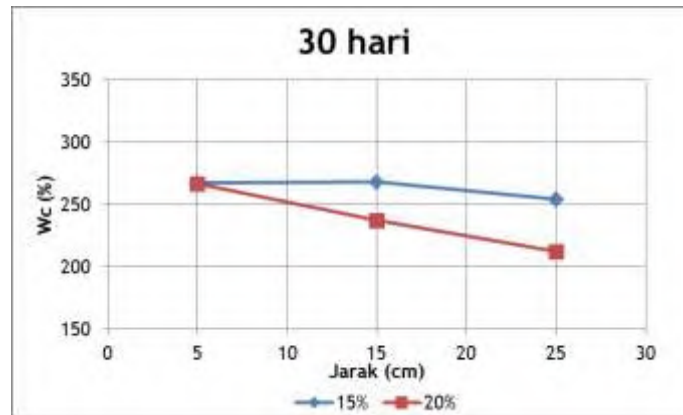
(b)

Gambar 4.3. Grafik hubungan kadar air dan jarak dengan admixture(a) 15% (b) 20%. (Sumber: Data primer, 2015)

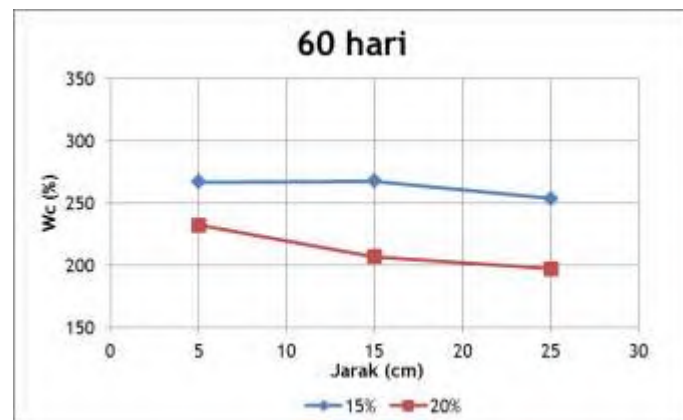
Dari kurva diatas terlihat bahwa umur pemeraman dan jarak gambut yang distabilisasi dari gambut initial (filtrasi air) juga mempengaruhi kadar air gambut. Kadar air initial sebesar 650% menjadi turun setelah distabilisasi.

Pada umur stabilisasi 30-120 hari kadar air untuk admixture 20% lebih kecil apabila dibandingkan dengan admixture 15%, hal ini disebabkan penambahan admixture menyebabkan nilai kadar air menurun karena air dalam pori tanah gambut digunakan untuk bereaksi dengan bahan stabilisasi membentuk gel CaSiO_3 . Untuk grafik dengan admixture 15% dan 20% terlihat bahwa variasi jarak gambut yang distabilisasi terhadap gambut initial berpengaruh terhadap nilai kadar air. Semakin jauh jarak dari gambut initial nilai kadar air cenderung lebih kecil dan perilaku ini terus terjadi sampai usia gambut stabilisasi mencapai 120 hari. Hal ini mengingat bahwa reaksi kimia yang terjadi menyebabkan pori gambut yang distabilisasi lebih kecil sehingga filtrasi air semakin melambat dan berkurang dengan bertambahnya jarak dari gambut yang distabilisasi terhadap gambut initial.

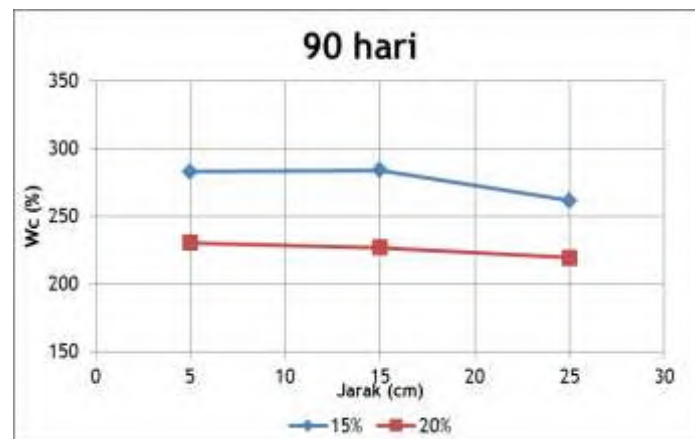
Pada semua usia stabilisasi, untuk admixture 15% nilai kadar air pada jarak 5 cm ke 15 cm cenderung sama dan sedikit turun pada jarak 25 cm. Begitu pula dengan admixture 20%. Hal tersebut dikarenakan pada bagian tepi gambut yang distabilisasi nilai kadar airnya sedikit dipengaruhi oleh filtrasi air pada gambut initial (yang tidak distabilisasi). Dan untuk bagian tengah nilai kadar air cenderung lebih kecil karena pengaruh filtrasi yang melambat dikarenakan proses pembentukan gel yang menyebabkan pori gambut mengecil. Adanya pengaruh air sekitar tanah gambut initial membuat tanah gambut yang berada pada posisi tepi memiliki kadar air lebih besar daripada posisi tengah. Hal ini karena bagian tengah sedikit lebih kering dibandingkan bagian tepi yang berbatasan langsung dengan lingkungan gambut yang jenuh. Pengaruh jarak terhadap tiap-tiap umur dapat dilihat pada gambar 4.4 dibawah ini.



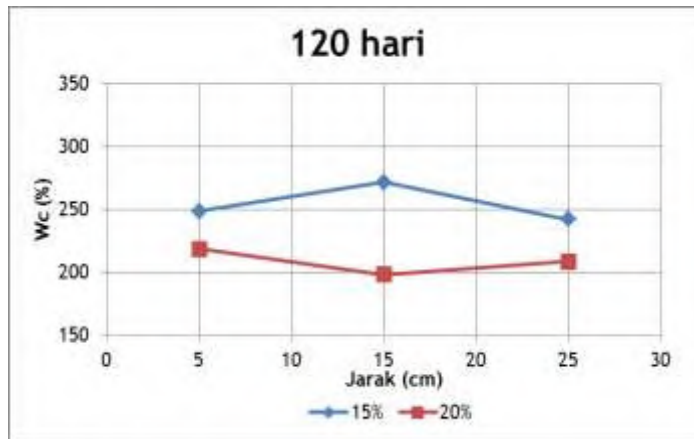
(a)



(b)



(c)

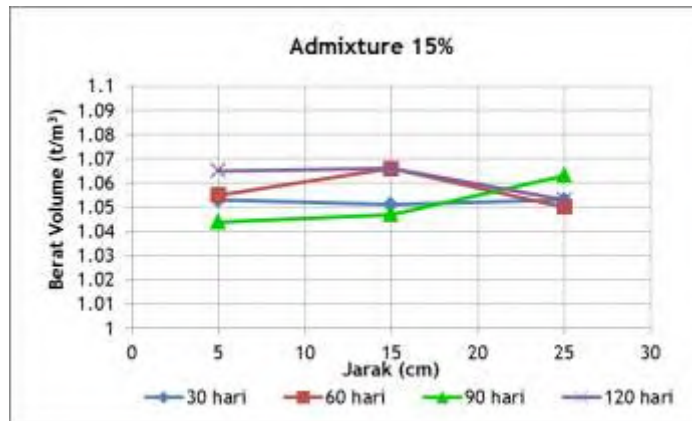


(d)

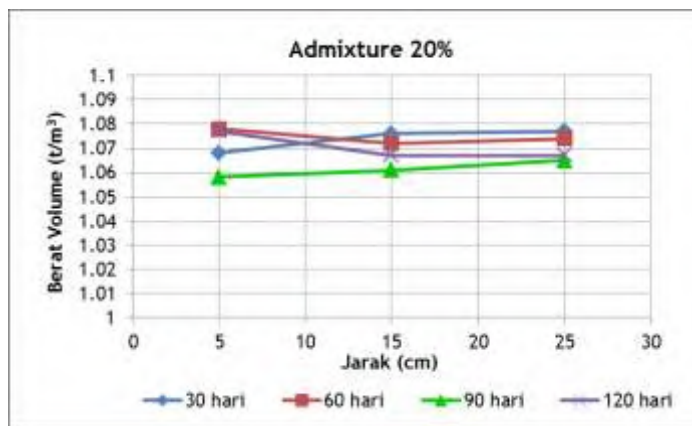
Gambar 4.4. Kurva hubungan kadar air dan jarak pada usia stabilisasi (a) 30 hari (b) 60 hari (c) 90 hari (d)120 hari. (*Sumber: Data primer, 2015*)

2. Berat Volume

Berat volume tanah gambut setelah distabilisasi semakin bertambah besar dan semakin meningkat seiring bertambahnya prosentase admixture. Hal ini menunjukkan bahwa semakin banyak bahan stabilisasi yang bereaksi, maka gel yang terbentuk dan mengisi pori juga semakin banyak sehingga membuat tanah gambut menjadi lebih padat. Hal ini sesuai dengan kecenderungan kadar air yang semakin mengecil untuk admixture yang lebih besar yang berarti semakin sedikit kadar air maka semakin besar butiran tanah solidnya. Semakin padat tanah gambut, maka berat volume juga semakin besar seperti yang terlihat pada Gambar 4.6 dibawah ini.



(a)



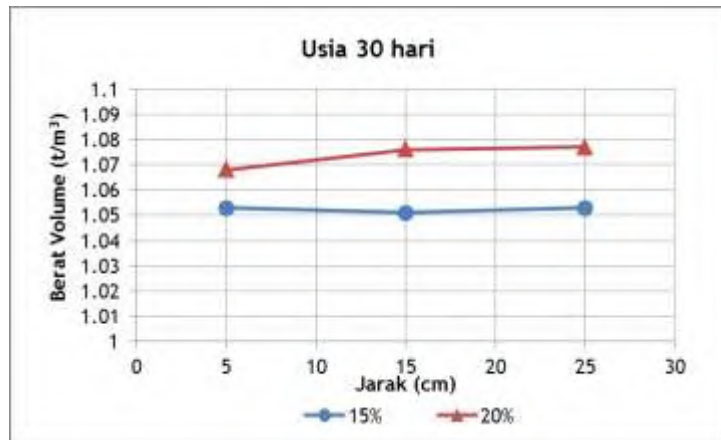
(b)

Gambar 4.5. Grafik hubungan Berat Volume vs Jarak (a) admixture 15% (b) admixture 20%. (Sumber: Data primer, 2015)

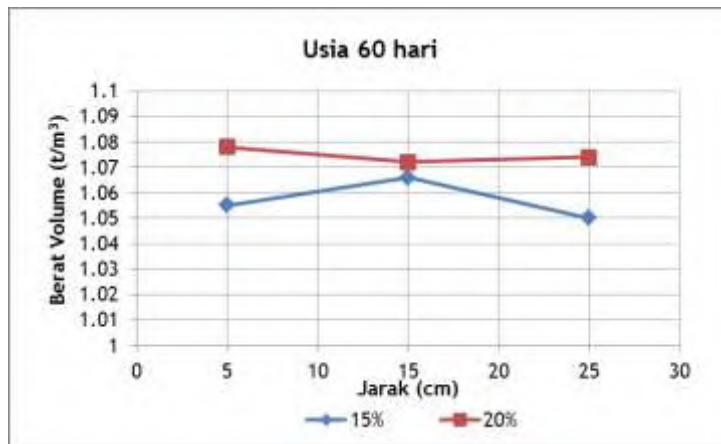
Dari grafik di atas dapat dilihat bahwa umur stabilisasi dan jarak berpengaruh terhadap berat volume. Semakin lama umur pemeraman semakin bertambah pula berat volumenya. Pada Gambar 4.5 yaitu pada admixture 15% dan 20% untuk usia 60 hari berat volume lebih besar dari umur stabilisasi 30 hari. Berat volume mengalami peningkatan dikarenakan gel silika telah mengisi pori pada tanah gambut dan kemudian mengkristal sehingga mampu mengikat tanah gambut dengan baik. Tetapi pada umur 90 hari terlihat bahwa nilai berat volume mengalami penurunan hal ini dikarenakan kemungkinan pada proses pencampuran bahan stabilisasi yang kurang merata dan juga pengaruh filtrasi air dari tanah gambut yang tidak distabilisasi, kemungkinan air tanah yang

ditambahkan pada area gambut yang tidak distabilisasi tidak bisa diabsorpsi oleh tanah gambutnya sehingga filtrasi air yang masuk pada area yang distabilisasi semakin banyak yang menyebabkan gambut tidak bisa membentuk gel dengan baik. Nilai berat volume yang menurun pada admixture 15% juga terlihat menurut pada admixture 20%. Pada usia 120 hari baik untuk admixture 15% atau 20% nilai berat volume meningkat dibandingkan dengan nilai pada usia 90 hari. Tetapi pada jarak tertentu nilainya lebih kecil dibandingkan dengan usia 30 hari dan 60 hari, sehingga ada pengaruh dari jarak untuk nilai berat volume. Nilai untuk masing-masing umur stabilisasi untuk berat volume versus jarak bisa dilihat pada Gambar 4.6.

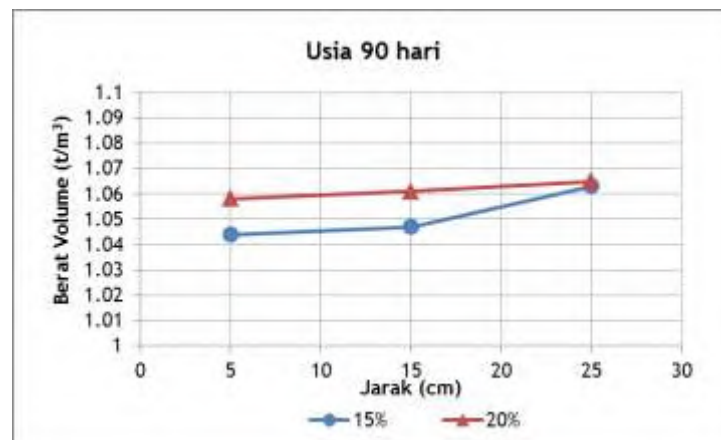
Dari Gambar 4.6 dapat dilihat bahwa semakin banyak prosentase admixture berat volume semakin besar. Pada gambar 4.6 (a) usia stabilisasi 30 hari semakin besar jarak nilai berat volume semakin besar. Hal ini dikarenakan semakin ke tengah pengaruh filtrasi air semakin sedikit sehingga pembentukan gel silika di tengah lebih banyak dari pada pembentukan gel dibagian tepi sehingga tanah lebih padat. Hal itu juga terjadi pada kurva umur stabilisasi 90 hari. Nilai admixture besar maka berat volume juga semakin besar dan semakin ke tengah jarak nilainya semakin besar meskipun nilainya tidak mengalami kenaikan yang cukup besar. Pada usia 60 hari dan 120 hari terlihat bahwa untuk admixture 15% nilainya menurun pada tengah jarak dan pada admixture 20% nilainya menurun pada jarak ke 15 cm kemudian naik sedikit pada jarak 25 cm (tengah). Hal ini dikarenakan pencampuran bahan stabilisasi yang tidak sempurna sehingga pembentukan gel tidak sempurna dan tidak mampu mengikat keseluruhan bahan stabilisasi sehingga tidak bisa mengkristal dan membuat tanah tidak padat yang menyebabkan berat volume menurun.



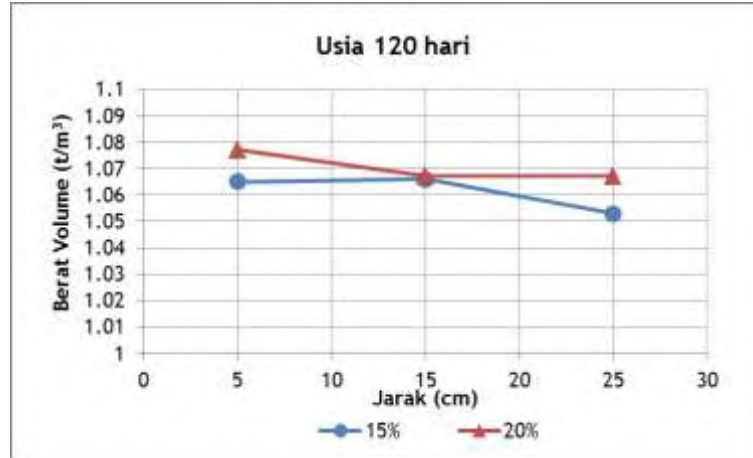
(a)



(b)



(c)

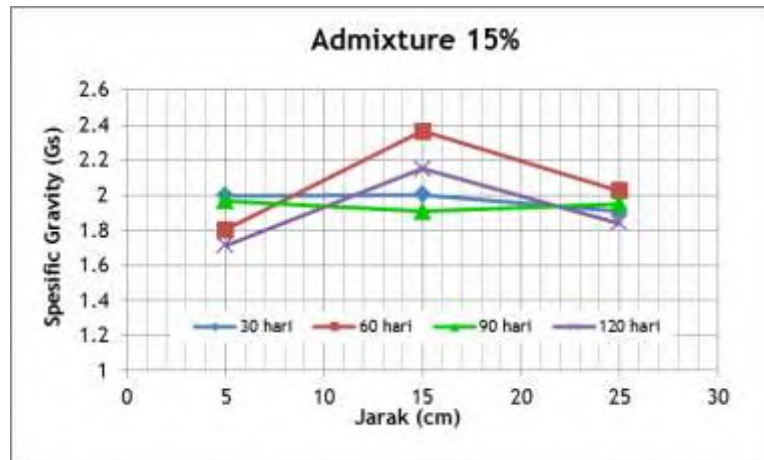


(d)

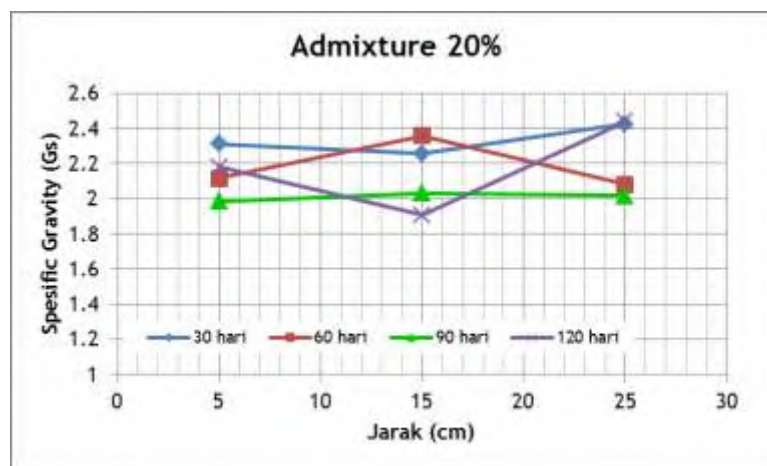
Gambar 4.6. Grafik hubungan berat volume vs jarak (a) usia 30 hari (b) usia 60 hari (c) usia 90 hari (d) usia 120 hari. (Sumber: Data Primer, 2015)

3. Spesific Gravity (Gs)

Penambahan admixture menyebabkan nilai spesifik gravity (Gs) meningkat menjadi lebih besar. Hal ini dikarenakan semakin besar prosentase admixture semakin bertambah pula bahan stabilisasi maka gel yang dihasilkan semakin banyak mengisi pori dan melapisi bagian padat tanah gambut. Terlihat Gs mengalami peningkatan pada prosentase admixture 20%. Pada gambar 4.7 (a) terlihat bahwa pada usia stabilisasi 60 dan 120 hari nilai Gs mengalami kenaikan yang cukup tinggi pada jarak 15 cm. Hal ini dikarenakan proses pencampuran yang kurang merata sehingga pada bagian tersebut campuran gambut dan bahan stabilisasi menjadi lebih padat sehingga nilai Gs menjadi lebih besar.



(a)



(b)

Gambar 4.7. Grafik hubungan spesifik gravity vs Jarak (a) admixture 15% (b) admixture 20%. (Sumber: *Data Primer*, 2015)

Sedangkan pada usia 90 hari nilai Gs cenderung lebih kecil dibandingkan dengan nilai Gs pada usia 30 hari dan 60 hari, hal ini dikarenakan pembentukan gel dan kristal yang sudah mulai mengeras dan lebih padat sehingga volume dari tanah menjadi lebih kecil yang menyebabkan nilai Gs menurun dan lebih kecil dari usia stabilisasi yang lain. Pada jarak 15 cm nilai Gs pada usia stabilisasi 60 dan 120 hari yang meningkat kemungkinan proses pembentukan gel bertambah keras dan sudah membungkus lapisan berserat

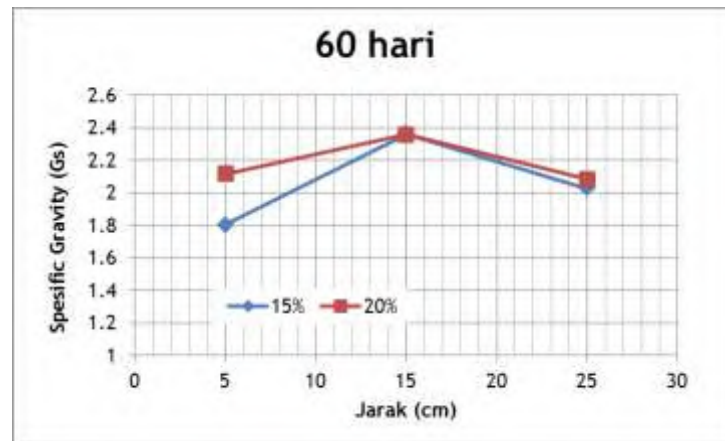
sehingga tidak terganggu dengan adanya filtrasi air yang menyebabkan nilai Gs menjadi lebih besar. Pada gambar 4.7 (b) pada jarak 5 cm nilai Gs pada umur 30 hari lebih tinggi dibandingkan dengan umur lainnya. Hal ini dikarenakan pembentukan gel pada usia ini menghasilkan gel silika yang lebih besar sehingga meskipun terletak pada jarak yang dekat dengan aliran air gel sudah membungkus serat sehingga air yang masuk pun tidak mengganggu proses pembentukan gel dan kristal.

Pada jarak 15 cm nilai Gs meningkat pada usia 60 hari dan menurun pada usia 120 hari. Hal ini dikarenakan pada jarak 15 cm usia 60 hari gel CaSiO_3 yang terbentuk sudah menjadi kristal sehingga menyebabkan nilai berat keringnya meningkat yang menyebabkan nilai Gs menjadi lebih besar. Sedangkan pada usia 120 hari nilai Gs menurun pada jarak 15 cm dikarenakan terganggunya pembentukan gel oleh aliran air yang menyebabkan terjadinya proses dekomposisi yang menyebabkan nilai Gs menurun. Kemudian meningkat lagi pada jarak 25 cm (tengah) karena pada jarak ini aliran air tidak mengganggu pembentukan gel dan kristal sehingga tanah menjadi lebih padat dan nilai Gs lebih besar.

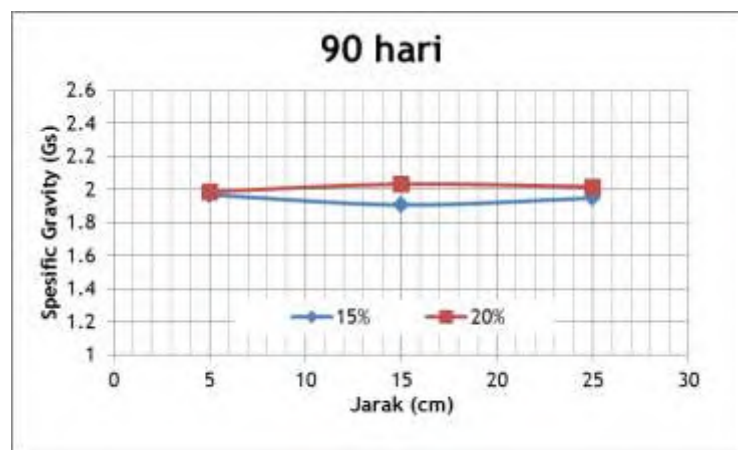
Pada gambar 4.8 dapat dilihat pengaruh jarak pada masing-masing umur stabilisasi. Untuk admixture 20% menghasilkan nilai Gs yang lebih besar dikarenakan semakin banyak admixture maka semakin banyak pula bahan stabilizer yang bereaksi dengan tanah sehingga pembentukan gel menjadi lebih baik dan membuat tanah bisa menjadi lebih padat, kecuali pada usia 120 hari dimana pada jarak 15 cm nilai Gs menurun dan lebih kecil dari admixture 15%. Hal ini dikarenakan terjadinya proses dekomposisi yang lebih cepat karena serat tidak terbungkus sempurna akibat gel yang terbentuk terganggu dengan adanya filtrasi air.



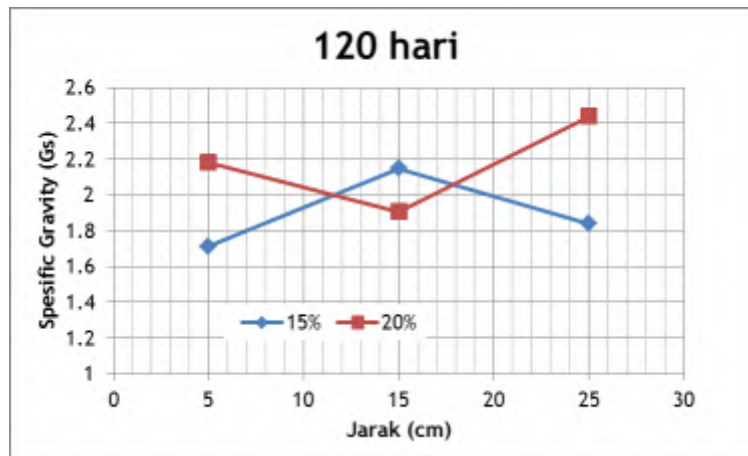
(a)



(b)



(c)



(d)

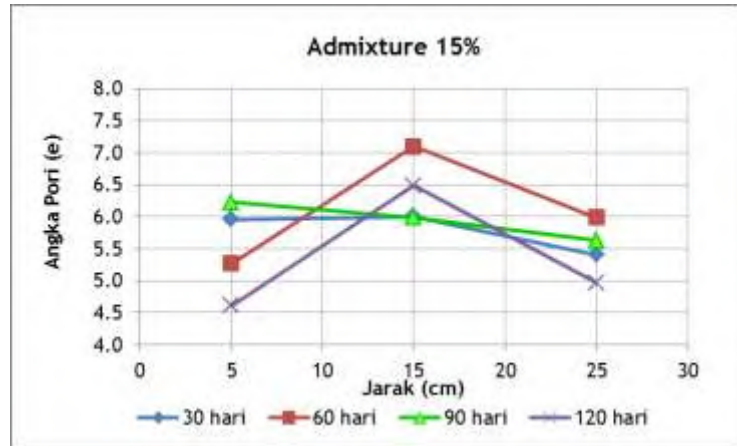
Gambar 4.8. Grafik hubungan spesific gravity (Gs) vs jarak (a) usia 30 hari (b) usia 60 hari (c) usia 90 hari (d) usia 120 hari. (*Sumber: Data Primer, 2015*)

4. Angka Pori

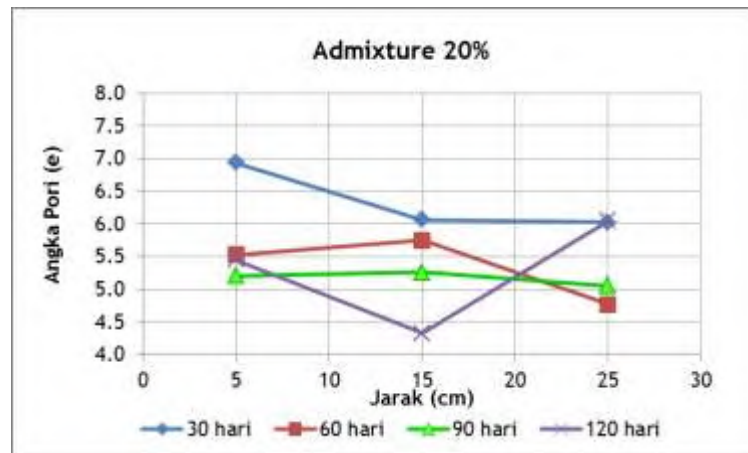
Penambahan bahan stabilisasi pada tanah gambut menyebabkan nilai angka pori menjadi jauh lebih kecil dari nilai angka pori tanah gambut yang tidak distabilisasi. Gel-gel yang terbentuk akibat reaksi dari bahan stabilisasi mengisi pori gambut yang menyebabkan rongga pori makin tertutup dan menjadikan tanah lebih padat. Pada gambar 4.9. dapat dilihat pengaruh jarak dan usia stabilisasi pada tiap admixture. Dari grafik dapat dilihat untuk admixture 15% pada jarak 5 cm, nilai angka pori untuk usia stabilisasi 30 hari, 60 hari, 90 hari dan 120 hari langsung menurun apabila dibandingkan dengan nilai angka pori gambut initial. Pada jarak 5 cm (pinggir) nilai angka pori pada usia 90 hari stabilisasi nilainya sedikit lebih besar dari nilai usia lainnya, hal ini dikarenakan pada jarak ini proses pembentukan gel masih terganggu dikarenakan adanya pengaruh filtrasi air karena berada di area stabilisasi yang dekat dengan gambut initial sehingga angka pori cenderung lebih besar.

Sedangkan pada jarak 15 cm untuk usia 60 hari dan 120 hari nilai angka pori mengalami kenaikan dikarenakan perubahan proses pembentukan gel

CaSiO₃ menjadi kristal membuat pori yang terbentuk diantara gumpalan tanah gambut yang distabilisasi sehingga menyebabkan angka pori menjadi lebih besar. Sedangkan pada jarak 25 cm atau berada di area tengah stabilisasi nilai angka pori kembali menurun disebabkan karena pembentukan gel dan kristal yang sudah sempurna dapat menutup pori sehingga nilainya menjadi lebih kecil.



(a)

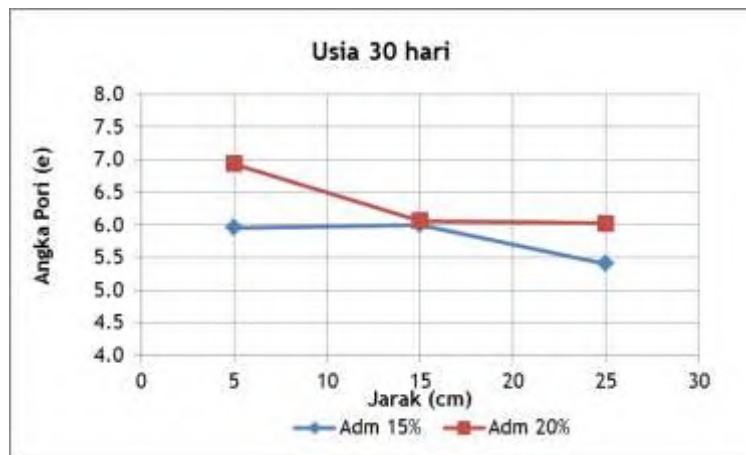


(b)

Gambar 4.9. Grafik hubungan angka pori vs Jarak (a) admixture 15% (b) admixture 20% . (Sumber: Data Primer, 2015)

Pada admixture 20% nilai angka pori pada usia 30 hari, 60 hari dan 90 hari terlihat semakin jauh jarak dari pengaruh filtrasi air nilai angka pori cenderung menurun. Hal ini sesuai dengan semakin jauh dari pengaruh filtrasi

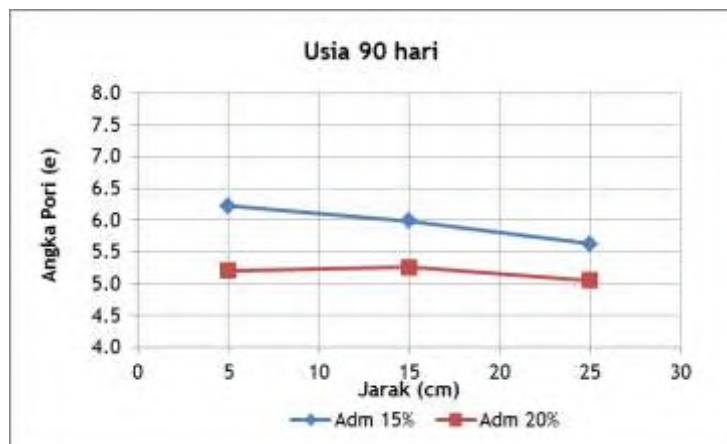
air, pembentukan gel dan kristal juga semakin baik dan mampu mengisi pori sehingga nilai angka pori cenderung mengecil. Tetapi pada usia 120 hari nilai angka pori meningkat pada jarak 25 cm, hal ini dikarenakan proses pembentukan kristal menyebabkan adanya gumpalan diantara tanah gambut sehingga pori dalam tanah bertambah. Pengaruh jarak terhadap angka pori pada tiap umur stabilisasi dapat dilihat pada grafik 4.10. Dari grafik dapat dilihat bahwa semakin besar admixture, angka pori semakin kecil dikarenakan banyaknya prosentase bahan stabilisasi yang ditambahkan membuat pembentukan gel dan kristal bereaksi dengan sempurna sehingga mengecilkan pori dari gambut. Pada usia 30 hari jarak 5 cm dan 25 cm nilai angka pori pada admixture 20% lebih besar, sama seperti usia 120 hari. Admixture yang lebih besar membuat bahan stabilisasi bereaksi dengan sempurna pada tanah gambut, sehingga pembentukan gel berlangsung dengan baik dan mengkristal. Proses pengkristalan dari bentuk gel membuat adanya gumpalan yang menyebabkan adanya ruang pori yang bertambah sehingga nilai angka pori menjadi lebih besar.



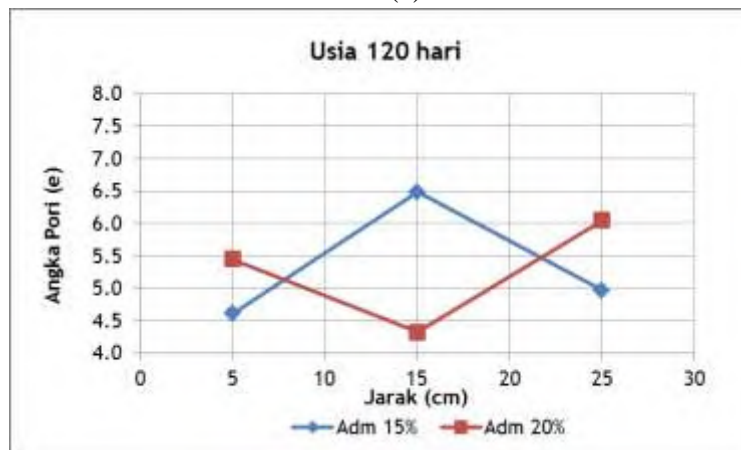
(a)



(b)



(c)

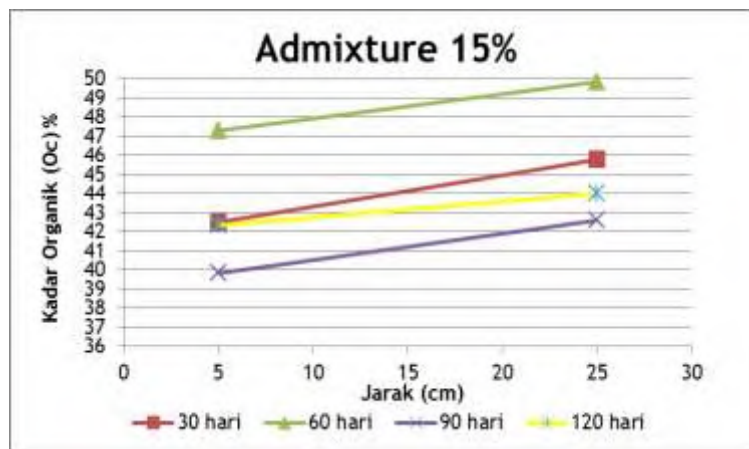


(d)

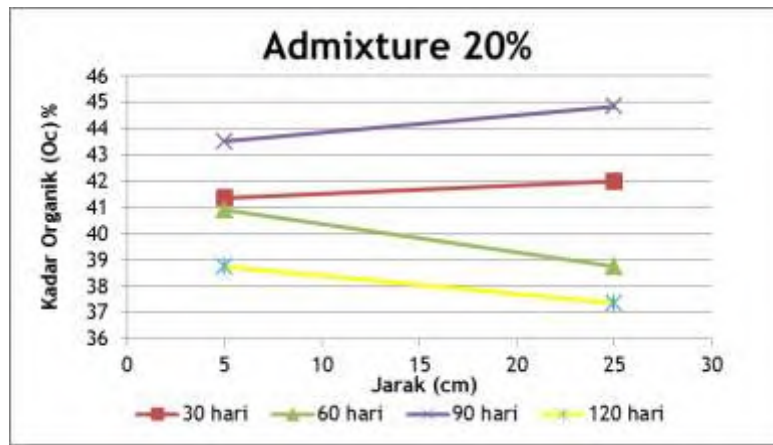
Gambar 4.10. Grafik hubungan angka pori (e) vs jarak (a) usia 30 hari (b) usia 60 hari (c) usia 90 hari (d) usia 120 hari. (Sumber: Data Primer, 2015)

5. Kadar Organik

Test kandungan organik dilakukan di Laboratorium Kualitas Lingkungan- Jurusan Teknik Lingkungan FTSP ITS. Hasil yang diperoleh dilihat pada Gambar 4.11. Dari kedua admixture terlihat bahwa nilai kandungan organik pada tanah gambut yang distabilisasi mempunyai nilai yang hampir sama. Pada jarak 5 cm dan 25 cm nilai kadar organik cenderung konstan. Admixture yang lebih besar yaitu 20% mempunyai nilai kadar organik yang lebih kecil dari pada admixture 15%. Hal ini terjadi karena pembentukan gel silika yang semakin banyak dapat mengisi pori gambut dengan baik sehingga kandungan mineral meningkat dan menyebabkan kandungan organik menurun. Pada gambar 4.12 dapat dilihat untuk setiap umur stabilisasi admixture yang lebih besar menghasilkan nilai kadar organik yang lebih kecil. Hal ini membuktikan bahwa pembentukan gel sudah baik sehingga nilai kadar organik juga menurun.



(a)



(b)

Gambar 4.11. Grafik hubungan Kadar Organik (Oc) vs Jarak (a) admixture 15% (b) admixture 20%. (Sumber: Data Primer, 2015)

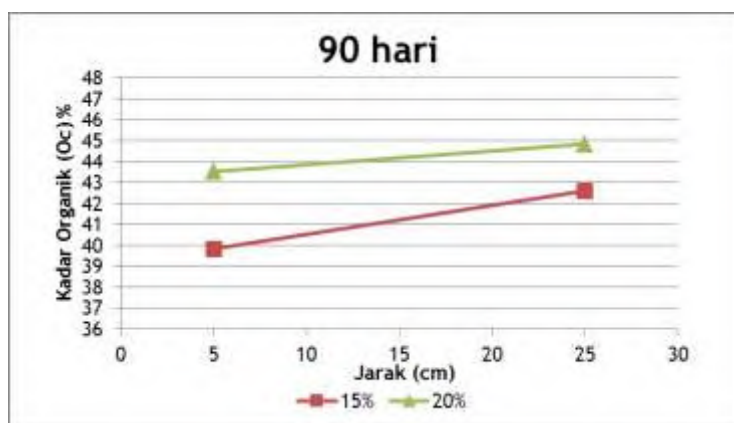
Pada grafik diatas dapat dilihat bahwa pada jarak 25 cm, pada semua usia stabilisasi pada admixture 15%, nilai Oc meningkat. Hal ini dikarenakan air yang ada di dalam pori gambut sudah habis karena adanya penambahan admixture dan filtrasi air pada jarak 25 cm tidak terlalu berpengaruh sehingga air untuk pembentukan gel berkurang yang menyebabkan kadar organik sedikit meningkat. Begitu juga untuk penambahan admixture 20%. Pada usia 30 dan 120 hari, nilai kadar organik menurun pada jarak 25 cm sedangkan pada usia 60 dan 90 hari naik hal ini dikarenakan pembentukan gel terganggu oleh filtrasi air. Pada usia 30 hari pembentukan gel belum sepenuhnya terganggu oleh air sehingga nilai kadar organik menurun sedangkan pada usia 120 gel CaSiO_3 sudah menjadi kristal sehingga gambut sudah mengeras. Pada usia 60 dan 90 hari proses pembentukan gel masih berlangsung dan terganggu oleh adanya filtrasi air sehingga nilai kadar organik masih terlihat belum stabil.



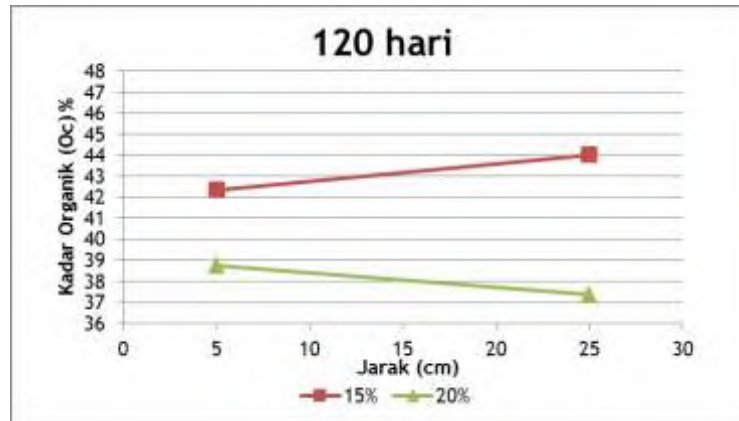
(a)



(b)



(c)



(d)

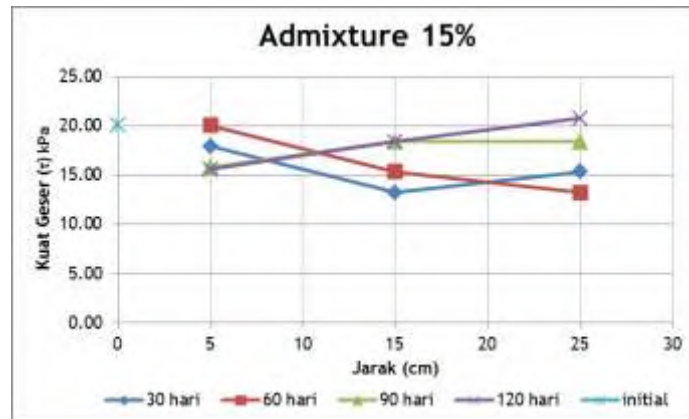
Gambar 4.12. Grafik hubungan kadar organik (Oc) vs jarak (a) usia 30 hari (b) usia 60 hari (c) usia 90 hari (d) usia 120 hari. (Sumber: Data Primer, 2015)

6. Kuat Geser

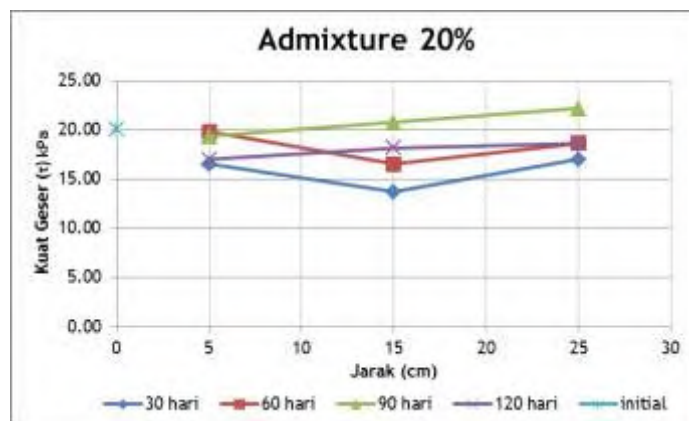
Secara umum, kuat geser tanah gambut yang distabilisasi meningkat dengan bertambahnya usia stabilisasi akibat gel yang terbentuk mengisi pori dan membungkus serat gambut. Pada gambar 4.13 menunjukkan hubungan antara kuat geser dengan jarak untuk admixture 15% dan 20%. Pada gambar 4.3 (a) nilai kuat geser menurun pada jarak 25 cm pada usia 30 dan 60 hari. Hal ini dikarenakan pembentukan gel pada usia tersebut masih belum stabil sehingga mudah terganggu oleh adanya filtrasi air. Sedangkan pada usia 90 dan 120 hari nilai kuat geser meningkat dari jarak 5 cm ke 25 cm karena pada usia tersebut pembentukan gel sudah menjadi kristal sehingga pori gambut sudah terisi dengan baik. Filtrasi air hanya mengganggu bagian pinggir tanah gambut. Nilai kuat geser tanah gambut menurun pada usia 90 dan 120 hari dikarenakan pembentukan gel terganggu oleh adanya filtrasi air.

Pada gambar 4.13 (b) nilai kuat geser meningkat pada jarak 25 cm kecuali pada umur 30 dan 60 hari kuat geser menurun pada jarak 15 cm kemudian naik pada jarak 25 cm. Hal ini dikarenakan terganggunya filtrasi air pada jarak tepi menyebabkan nilai kuat geser tidak menentu. Pembentukan gel pada usia tersebut

masih belum stabil sehingga supply air pada jarak 15 cm sudah habis untuk membentuk gel dan pori gambut tidak bisa menerima air dari samping sehingga nilai kuat geser mengecil.



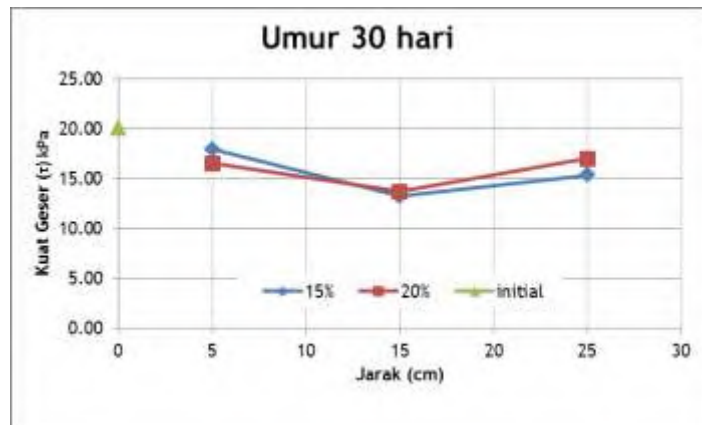
(a)



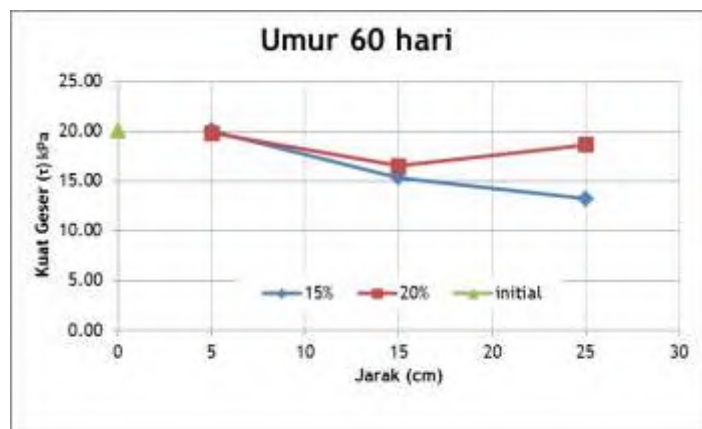
(b)

Gambar 4.13. Grafik hubungan Kuat Geser vs Jarak (a) admixture 15%
(b) admixture 20%. (Sumber: Data Primer, 2015)

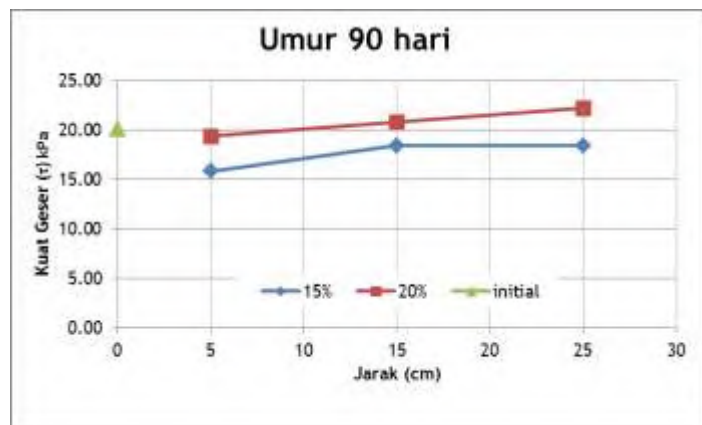
Semakin banyak admixture, semakin besar pula nilai kuat geser seperti pada gambar 4.14. kecuali pada umur stabilisasi 120 hari. Terlihat bahwa nilai kuat geser untuk admixture 20% lebih kecil dibandingkan dengan admixture 15%. Hal ini dikarenakan adanya filtrasi air menyebabkan gel yang terbentuk terganggu, dan pembentukan gel pada usia 120 hari ternyata masih belum cukup stabil sehingga menyebabkan nilai kuat geser menurun.



(a)



(b)



(c)



(d)

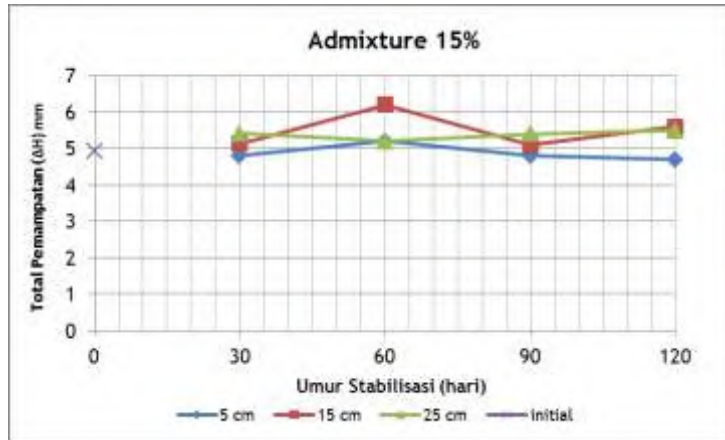
Gambar 4.14. Grafik hubungan kuat geser vs jarak (a) usia 30 hari (b) usia 60 hari (c) usia 90 hari (d) usia 120 hari. (Sumber: Data Primer, 2015)

7. Pemampatan

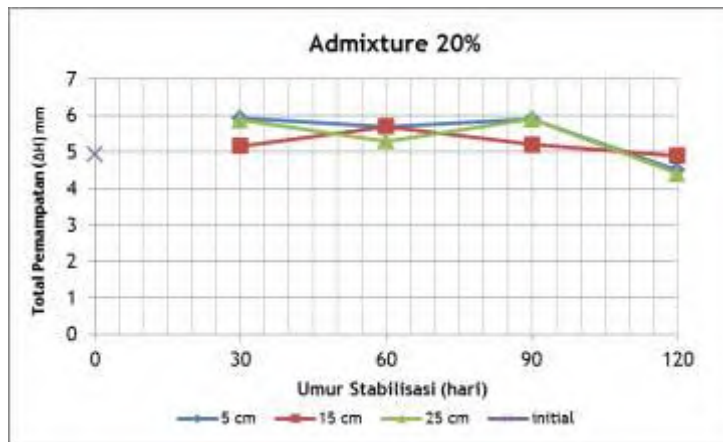
Gel CaSiO_3 yang mengisi pori dan membungkus serat gambut menyebabkan pemampatan yang terjadi lebih kecil dibandingkan kondisi initial. Pada gambar 4.15 dapat dilihat besar pemampatan tiap umur stabilisasi. Pada admixture 15%, semakin lama umur stabilisasi pemampatan semakin kecil. Hal ini dikarenakan semakin lama umur stabilisasi pembentukan gel CaSiO_3 semakin stabil sehingga pori sudah terisi dengan baik yang menyebabkan besar pemampatan juga semakin mengecil. Pada jarak 5 cm nilai pemampatan naik pada usia 60 hari kemudian menurun pada usia 90 hari dan hampir konstan pada usia 120 hari. Hal ini terjadi karena pada usia 60 hari gel masih belum stabil pada usia awal sehingga adanya aliran air dapat mengganggu proses pembentukan gel. Hal yang sama juga terlihat pada jarak 15 cm dan 25 cm. Pada jarak 15 cm, total pemampatan lebih besar dibandingkan dengan nilai pada jarak 5 dan 25 cm. Hal ini dikarenakan adanya gangguan dari air sekitar sehingga menyebabkan nilai pemampatan sangat fluktuatif.

Begitu juga dengan admixture 20%, pemampatan semakin mengecil pada usia stabilisasi umur 120 hari. Hal ini dikarenakan pada umur tersebut pembentukan gel sudah cukup stabil sehingga pori gambut sudah terisi penuh

oleh gel. Adanya filtrasi air juga yang menyebabkan nilai total pemampatan fluktuatif pada jarak 5 cm, 15cm dan 25 cm.



(a)



(b)

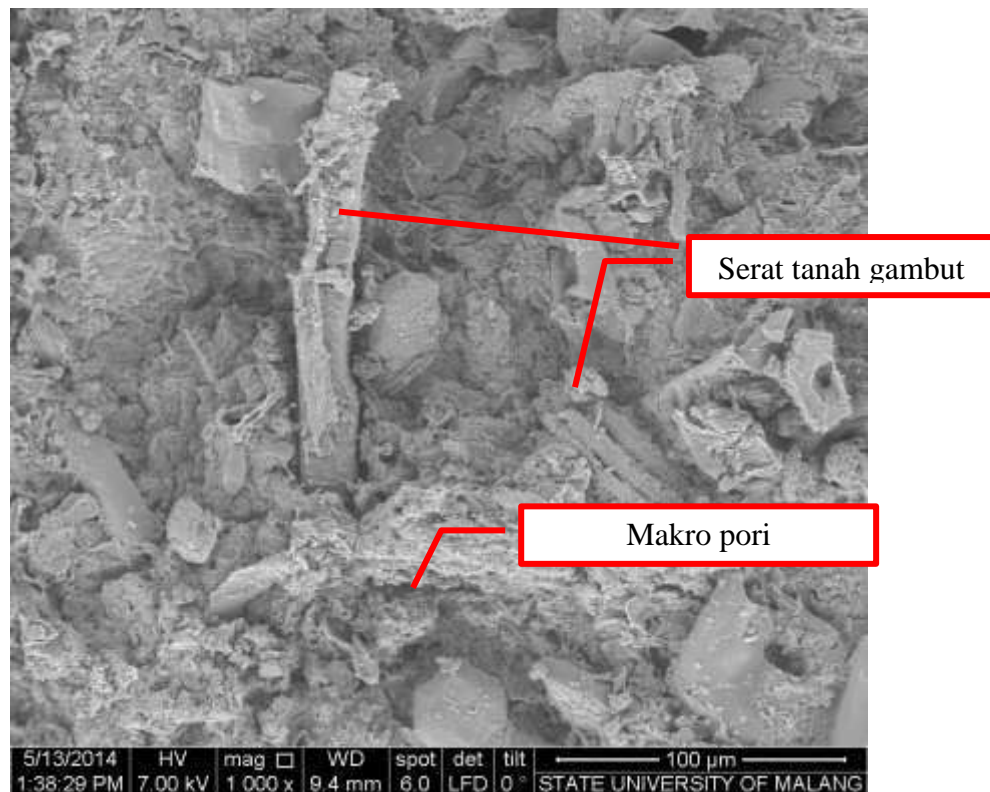
Gambar 4.14. Grafik hubungan Total Pemampatan vs Jarak (a) admixture 15% (b) admixture 20%. (*Sumber: Data Primer, 2015*)

4.4. Hasil SEM pada Gambut Initial dan Gambut Setelah Distabilisasi

Pengujian dilakukan di Laboratorium Sentral dan Material, FMIPA Universitas Negeri Malang. Analisa SEM dilakukan untuk mengetahui kondisi pori-pori dan serat pada tanah gambut seperti pada gambar 4.15. yang nantinya akan

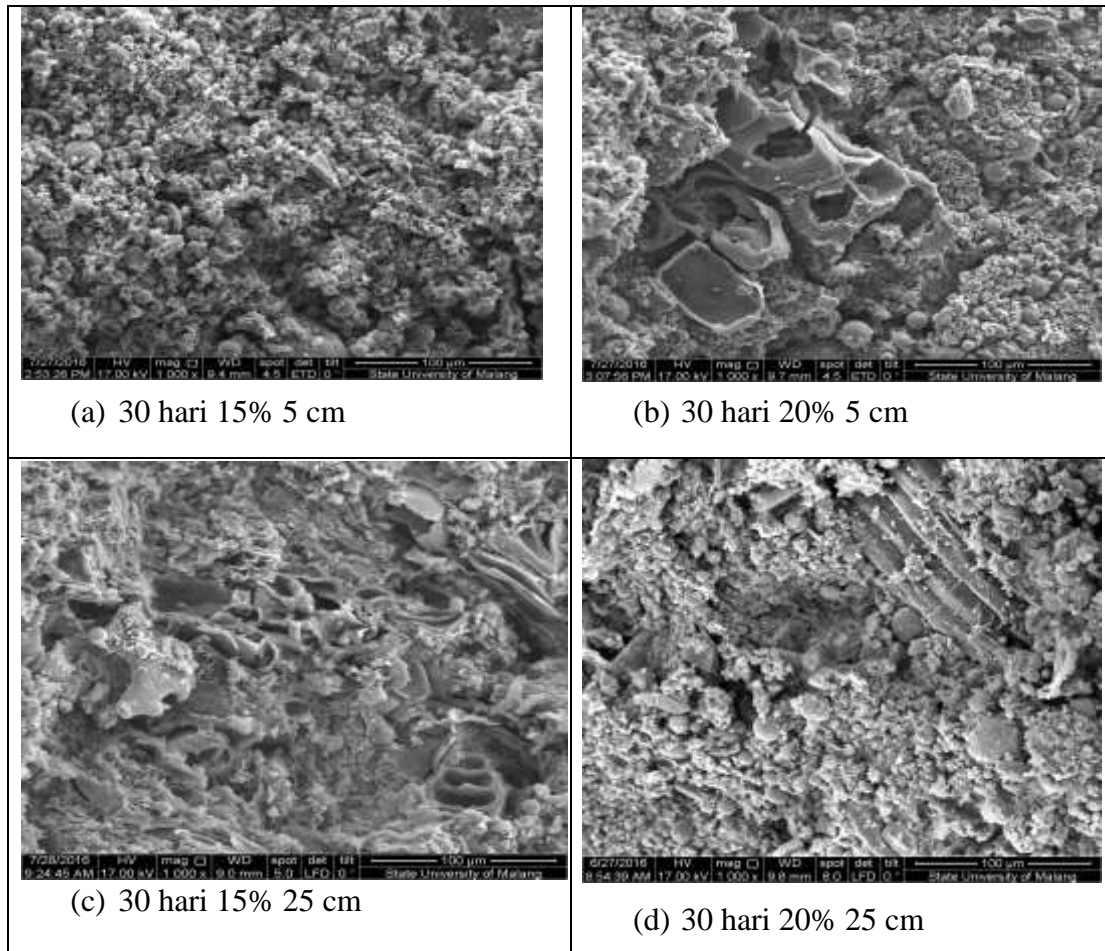
distabilisasi. Diharapkan bahwa pori-pori tanah gambut tersebut dapat diisi oleh gel silika hasil campuran antara fly ash dengan kapur Ca(OH)_2 .

Analisa SEM dilakukakn untuk mendukung kesimpulan yang telah diperoleh dari hasil analisa sifat fisik dan teknis tanah gambut setelah distabilisasi. Uji SEM dilakukan pada sampel gambut usia 30 hari dan 120 hari dengan admixture 15% dan 20%. Kedua sampel yang diuji diambil pada jarak 5 cm (pinggir) dan 25 cm (tengah).



Gambar 4.15. Hasil foto SEM tanah gambut sebelum distabilisasi

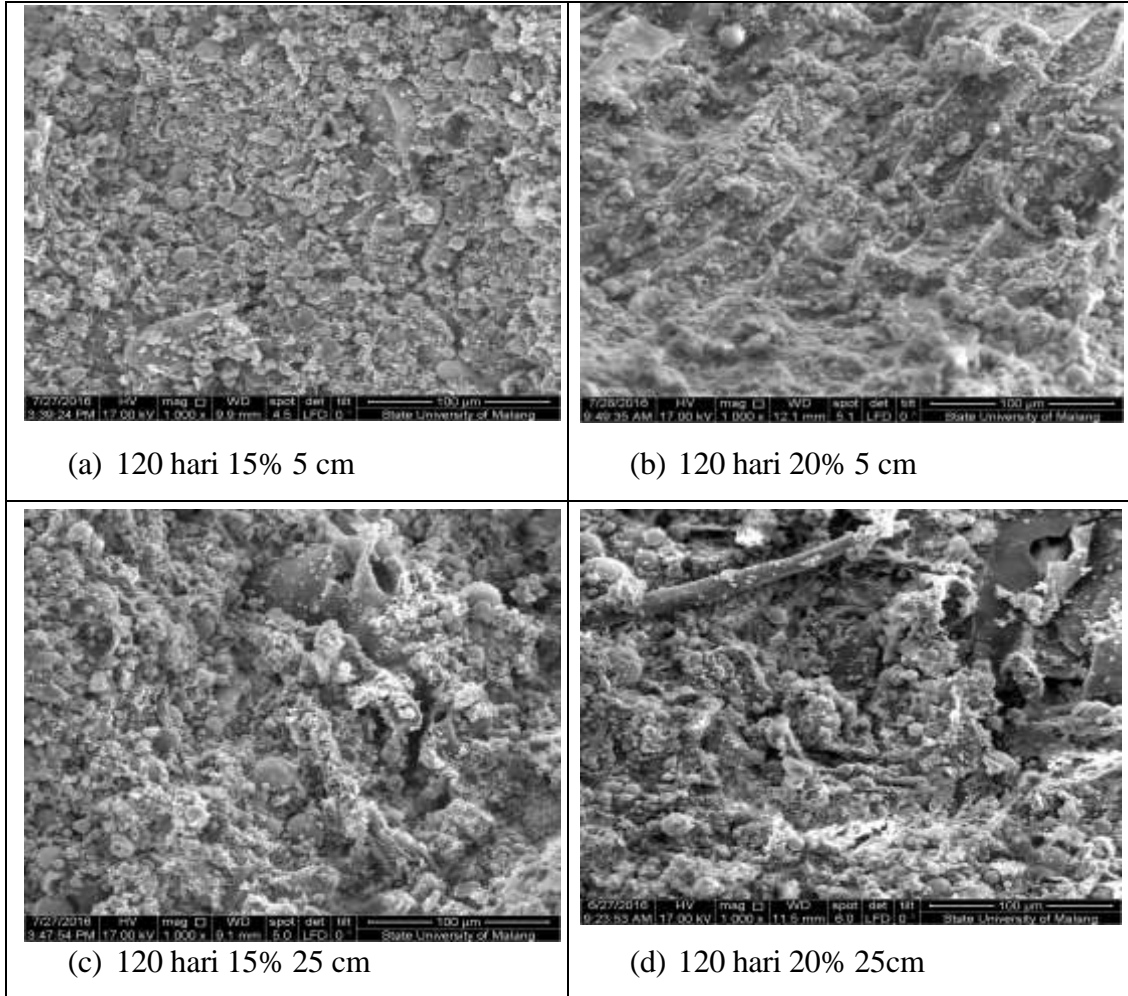
Gambar 4.15 adalah gambar tanah gambut sebelum distabilisasi. Dari gambar di atas terlihat bahwa serat gambut masih terlihat dan juga makro pori. Tanah gambut setelah distabilisasi dapat dilihat pada gambar dibawah ini dengan perbesaran 1000x.



Gambar 4.16. Hasil foto SEM tanah gambut usia 30 hari

Dari gambar 4.16 dapat dilihat bahwa pada usia 30 hari serat masih terlihat pada tanah gambut meskipun sudah ada beberapa gel yang terbentuk. Admixture 20% terlihat lebih terisi apabila dibandingkan dengan admixture 15%. Hal ini sesuai dengan sifat-sifat tanah gambut yang sudah dianalisis di subbab 4.3.

Pada usia 120 hari seperti gambar 4.17, pori sudah hampir tertutup meskipun ada beberapa serat yang masih terlihat. Hal ini sesuai dengan penjelasan pada subbab 4.3 bahwa gel sudah mulai stabil pada usia 120 hari.



Gambar 4.17. Hasil foto SEM tanah gambut usia 120 hari

4.5. Rangkuman Hasil Sifat Fisik dan Teknik Tanah Gambut

Berikut ini adalah tabel rangkuman nilai sifat fisik dan teknik tanah gambut setelah distabilisasi.

Tabel 4.5. Rangkuman hasil

Umur (hari)	Jarak (cm)	Admixture %	Parameter Tanah					
			Wc	γ	Gs	Oc	τ	Δh
30	5	15	266.982	1.053	2.465	42.5	17.91	4.8
		20	266.287	1.068	2.856	41.36	16.50	5.9
	15	15	267.618	1.051	2.472		13.20	5.1
		20	236.816	1.076	2.787		13.67	5.2
	25	15	253.780	1.053	2.355	45.78	15.32	5.4
		20	212.103	1.077	2.993	42	16.97	5.9
60	5	15	266.600	1.055	2.227	47.3	20.03	5.2
		20	232.445	1.078	2.613	40.91	19.79	5.7
	15	15	265.240	1.066	2.917		15.32	6.2
		20	207.082	1.072	2.910		16.50	5.7
	25	15	262.160	1.050	2.501	49.86	13.20	5.2
		20	197.442	1.074	2.571	40.91	18.62	5.3
90	5	15	282.978	1.044	2.430	39.83	15.79	4.8
		20	230.655	1.058	2.694	43.52	19.32	5.9
	15	15	283.801	1.047	2.354		18.38	5.1
		20	226.8529	1.061	2.509		20.74	5.2
	25	15	261.6293	1.063	2.406	42.6	18.38	5.4
		20	219.4642	1.065	2.490	44.84	22.15	5.4
120	5	15	248.4582	1.065	2.116	42.34	15.55	4.7
		20	218.4472	1.077	2.694	38.75	16.97	4.5
	15	15	271.3916	1.066	2.653		18.38	5.6
		20	198.1369	1.067	2.353		18.14	4.9
	25	15	261.6293	1.053	2.272	44.01	20.74	5.5
		20	208.1922	1.067	3.014	37.37	18.62	4.4

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

Dari data serta analisis pada bab sebelumnya, maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

- a. Tanah gambut initial mempunyai sifat-sifat yang tidak menguntungkan yaitu kadar air yang mencapai 550%, berat volume yang kecil yaitu 0.99 t/m^3 , *specific gravity* sebesar 1.3, angka pori yang sangat tinggi 11.24 dan kadar organik yang tinggi yaitu 90%.
- b. Prosentase campuran stabilizer (kapur dan fly ash).
Prosentase kapur Ca(OH)_2 dan fly ash yang digunakan untuk stabilizer tanah gambut adalah 10% kapur Ca(OH)_2 + 90% fly ash dengan *admixture* campuran 20%. Berdasarkan hasil analisis, sifat fisik dan teknis tanah gambut menunjukkan hasil yang paling baik meskipun dipengaruhi oleh filtrasi air.
- c. Filtrasi air gambut berpengaruh terhadap hasil sifat fisik dan teknis tanah gambut terutama terhadap pembentukan gel CaSiO_3 . Adanya filtrasi air menyebabkan pembentukan gel terganggu dan mempengaruhi sifat fisik dan teknis tanah gambut.
- d. Sifat fisik dan teknis tanah gambut tanpa adanya filtrasi lebih baik dibandingkan dengan sifat fisik dan teknis tanah gambut dengan adanya filtrasi.
- e. Nilai sifat fisik dan teknis tanah gambut yang baik dari hasil analisis adalah memperjauh jarak area tanah gambut yang distabilisasi dari area yang tidak distabilisasi. Dari hasil analisis menunjukkan semakin jauh jarak dari pengaruh filtrasi air, semakin baik pula nilai fisik dan teknis yang dihasilkan.

Berdasarkan kesimpulan di atas, ada beberapa saran yang perlu diperhatikan agar stabilisasi tanah gambut lebih optimum yaitu:

- a. Pemilihan bahan stabilisasi fly ash kelas F dengan kandungan unsur Si yang tinggi harus dipilih dengan baik agar unsur Si yang terkandung di dalam fly ash tidak terdapat unsur-unsur lain yang mengganggu proses terbentuknya gel CaSiO_3 .
- b. Pemilihan bahan stabilisasi kapur Ca(OH)_2 yang murni dalam skala laboratorium, dimaksudkan agar kandungan unsur yang terdapat dalam kapur merupakan unsur Ca yang bisa bereaksi dengan unsur Si.
- c. Sebelum dilakukan stabilisasi pada tanah gambut, diperlukan tes XRD pada campuran kedua bahan stabilizer untuk mengetahui senyawa apa yang terbentuk dari fly ash dan kapur.

DAFTAR ACUAN

- Abadi, Taufan Chandra (1998). "Perbandingan Hasil Stabilisasi Dengan Fly ash dan Semen pada Tanah Ekspansif Cikampek". **Jurnal Teknik Sipil, Volume7 No.2, Pebruari 2007.**
- ACI Committee 266, 3R-87. "Use of Fly ash in Concrete". **ACI Material Journal Vol.84 no.5, September-Oktober : 381-403.**
- Adams, J.I. (1961). "Laboratory Compression Tests on Peat". **Proc. Seventh Muskeg Res. Conf., NRC, ACSSM Tech. Memo. 71, pp.36-54.**
- Adams, J.I. (1965). "The Engineering Behaviour of a canadian Muskeg". **Proc. Sixth International Conference On Soil Mechanics and Foundation Engineering. Vol.1, pp 3-7.**
- Anderson, K.O. and R.A. Hemstock (1959). "Relating Some Engineering Properties of Muskeg to Some Problems of Field Construction". **Proc. Fifth Muskeg Res.Conf.,NRC, ACSSM Tech. Memo. 61, pp.16-25.**
- Arfiono D. T. dan Agus H Saputro (1987). "Perilaku Tanah Organik Sebelum dan Sesudah Preloading". Dipublikasi sebagai **Tugas akhir program S1 Jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS**
- Akroyd, T.N.W. (1957). "Laboratory Testing in Soil Engineering". **Soil Mechanics Limited, London, 233pp.**
- ASTM Annual Book (1985). "Standard Classification of Peat Samples by Laboratory Testing (D4427-84)". **ASTM, Section 4, Volume 04.08 Soil and Rock, pp 883-884.**
- ASTM Annual Book (1992). "Standard Classification of Peat Samples by Laboratory Testing (D4427-92)". **ASTM, Section 4, Volume 04.08 Soil and Rock, Philadelphia.**
- Bowles, J. E., (1997), "**Sifat – Sifat Fisis Dan Geoteknis**, Erlangga, Jakarta.
- Colley, B.E. (1950). "Construction of Highways Over Peat and Muck Areas". **Am. Highways, Vol. 29, No. 1.**
- Dhowian, A.W and T.B. Edil (1980). "Consolidation Behaviour of Peat". **Geotechnical Testing Journal, Vol.3. No. 3. pp 105-144**
- Duraisamy. Y., Huat. Bujang. B. K., Aziz. Azlan A., 2007. "Compressibility Behavior of Tropical Peat Soil Reinforced with Cement Column" **American journal of Applied Sciences 4 (10): 786-791, ISSN 1546-9239.**
- Edil, T. & Dhowian, A.W.(1981). "At-Rest Lateral Pressure of Peat Soils". **ASCE, vol.107: 201-217**
- Farni. I. (1996). "Studi Eksperimental Pemampatan dan Kekuatan Geser Tanah Gambut Jambi Setelah Mengalami Pemampatan Awal". **Master Thesis JBPTITBPP/2008-02-21. ITB Central Library.**
- H a n d a y a n i, I. P. (2003). "S t u d i P e m a n f a a t a n G a m b u t A s a l S u m a t r a". **Lokakarya Pengelolaan Lahan Gambut Berkelanjutan-Wetlands International-Indonesia Programe. 2003**
- Hardiyatmo, H.C., 1999, "Mekanika Tanah I", PT. Gramedia Pustaka Umum, Jakarta.

- Hanrahan, E.T. (1954). "An Investigation of Some Physical Properties of Peat". **Geotechnique, Vol.4, No 3.**
- Hanrahan, E.T. (1964). "A Road Failure on Peat". *Geotechnique*-September.
- Hardjowigeno, S. (1989). "Sifat-sifat tanah dan potensi tanah gambut Sumatra untuk pengembangan pertanian". **Prosiding Seminar Tanah Gambut untuk Perluasan Pertanian. Fakultas Pertanian UISU, Medan. h. 14-42.**
- Hasyim, R, S., Islam (2008). "Engineering Properties of Peat Soil in Peninsular, Malaysia. **journal of Applied Sciences ISSN 1812-5654.**
- Hellis, C.F. and C.O. Bawner (1961). "The Compressibility of Peat with Reference to Major Highway Construction in British Columbia. **Proc. Seventh Muskeg Res. Conf, NRC. ACSSM. Tech, Memo 71, pp 204-227.**
- Hendry (1998). "Perbaikan Tanah Gambut Pulau Padang Dengan Campuran Semen-Renolith Dalam Kaitannya Sebagai Lapisan Dasar Konstruksi Jalan". **Master Thesis JBPTITBPP/2007-03-06. ITB Central Library.**
- Ingles, O.G. dan Metcalf, J.B., 1992, "Soil Stabilization Principles and Practice", Butterworths Pty. Limited, Melbourne.
- Jelistic, Nenad dan Mikko Leppanen (1993), "Mass Stabilization Tanah Gambut Pada Konstruksi Jalan Raya Dan Rel Kereta Api"
- Kearns, F.L., Autin, W.J., and Gerdes, R.G. (1982). "Geological Society of American Abstracts with Programs". N.E. and S.E Sections, Vol. 14, No.1 and 2.
- Keller Ground Engineering Pty Ltd, (2002) "Lime Cement Dry Soil Mixing" PO. Box. 7974 baulkham Hills NSW Australia
- Kempfert, H.G. (1997). "Interactive Behaviour of a Flexible Reinforced Sand Column Foundation in Soft Soils" **XIV. International Conference on Soil Mechanics & Foundation Engineering, Hamburg 1997.**
- Kempfert, H.G. (2001). "Practical Aspects of the Design of Deep Geotextile Coated Sand Columns for the Foundation of a Dike on Very Soft Soil" **Landmarks in Earth Reinforcement, @ 2001 Swets & Zeitinger, ISBN 90 2651 863 3.**
- Landva, A.O., E.O. Korpjaakko, P.E. Pheeney, and P.M. Jarret, editor (1982). "Geotechnical Classification of Peats and Organic Soils". **Testing of Peats and Organic Soils, ASTM, STP 820.**
- Lea, F.M. (1956). "**The Chemistry of Cement and Concrete**". Edward Arnold (Publishers) Ltd. London.
- Luttig (1986). "**Aspects of Water Retention and Dewatering in Peat**". Charles H. Fuchsman (Publishers) London and New York.
- MacFarlane, I.C. (1959). "**Muskeg Engineering Handbook**". National Research Council of Canada, University of Toronto Press, Toronto, Canada.
- MacFarlane, I.C. dan Radforth, N.W. (1965). "A Study of Physical Behaviour of Peat Derivatives Under Compression. **Proceeding of The Tenth Muskeg Research Conference.** National Research Council of Canada, Technical Memorandum No 85.

- Mankinen, G.W. and Gelfer, B. (1982). "Compressive Use Peat in The USSR". **DOE 5th Technical Conference of Peat.**
- Mehta, P.K. (1993). Concrete Structure, Properties, and Materials. 2nd edition.
- Mitchelle, J.K (1976). Fundamentals of Soil Behavior, John Wiley & Sons, Inc, New York.
- Mochtar, Noor E. dan Mochtar, Indrasurya B. (1991). "Studi Tentang Sifat Fisik dan Sifat Teknis Tanah Gambut Banjarmasin dan Palangkaraya Serta Alternatif Cara Penanganannya untuk Konstruksi Jalan". Dipublikasi sebagai **hasil penelitian BBI dengan dana dari DIKTI Jakarta.**
- Mochtar, NE. et al. (1998), "Koefesien Tekanan Tanah ke Samping At Rest (Ko) Tanah Gambut Berserat serta Pengaruh Overconsolidation Ratio (OCR) Terhadap Harga Ko", **Jurnal Teknik Sipil, ITB, Vol. 5 N0. 4.**
- Mochtar, NE. et al. (1999), "Aplikasi Model Gibson & Lo untuk Tanah Gambut Berserat di Indonesia", **Jurnal Teknik Sipil, ITB, Vol. 6 N0. 1.**
- Nenad Jelisic, Mikko Leppänen, (2002). "Mass Stabilization of Peat in Road and Railway construction" Swedish Road Administration, SCC-Viatek Finlandia.
- Noor Endah, (2002). "Tinjauan Teknis Tanah Gambut Dan Prospek Pengembangan Lahan Gambut Yang Berkelanjutan." **Pidato Pengukuhan Guru Besar ITS Surabaya.**
- Pasaribu, A.S. (1998). "Konstruksi Jalan di Tanah Gambut". **Prosiding Seminar Nasional Gambut III.** Pontianak, Kalimantan Barat.
- Pasmar, Dasyri dan Noor E. Mochtar (2000) "Penyempurnaan Faktor Korelasi dari Parameter Pemampatan pada Model Gibson & Lo (1961) dan Stinnette (1998) untuk Memperkirakan Pemampatan Tanah Gambut Berserat di Lapangan, 2000". Diduplikasi sebagai **Thesis program S2 Geoteknik Jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS.**
- Radjagukguk, B, (1991), "Utilization and Management of Petlanda in Indonesia for Agriculture," **Tropical Peat-Proceeding of International Symposium on Tropical Peatland Kuching 6-10 May, 21-27.**
- Skempton, A, W (1970), "The Consolidation of clays by Gravitational Compaction", **Quarterley Journal of Engineering Geology, 373-411.**
- Sumaryano, W. (2008). "Pemanfaatan Lahan Gambut Belum Optimal". **Technology Indonesia Mapiptek E-Magazine 29 Juli 2008.**
- T . I l y a s , d k k (2 0 0 8) . " S t u d i P e r i l a k u K e k u a t a n T a n a h G a m b u t K a l i m a n t a n y a n g D i s t a b i l i s a s i d e n g a n S e m e n P o r t l a n d " . **Jurnal Teknologi, Edisi No.1 Tahun XXI, Maret 2008.**
- Tjokrodinuljo, K, 1992." Teknologi beton," buku ajar Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada Jogjakarta.
- Triwulan, Marwan (1997),"Laporan Penelitian Reaktifitas Fly Ash serta Pengaruhnya pada Perekatan Beton", **Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.**
- Utomo, Budi dan Timotius Gunawan (2008), "Study Penggunaan Campuran Fly Ash Dan Tanah Lempung Sebagai Material Utama Pada Embankment", **Tugas Akhir Universitas Kristen Petra, Surabaya.**

- Van De Meene (1984), "Geological Aspects of Peat Formation in The Indonesian-Malyasin Lowlands", **Bulletin Geological Research and Development Centre, 9, 20-31.**
- Von Post, L. (1992). "Sveriges Geologiska Undersoknings Torvinventering Och Nagre av Dess Hittills Vunna Resultat". **Sv. Mosskulturfor. Tidskr. 1:1-27.**
- Wahyunto, S. Ritung, and H. Subagjo (2003). Map of Peatland Distribution Area and Carbon Content in Sumatra. **Wetland International-Indonesia Program and Wildlife Habitat Canada (WHC).**
- Wahyunto, S. Ritung, Suparto, and H. Subagjo. (2004). Map of Peatland Distribution Area and Carbon Content in Kalimantan. **Wetland International-Indonesia Program and Wildlife Habitat Canada (WHC).**
- Wahyunto, H. Subagjo, S. Ritung, and H. Beki (2007). Map of Peatland Distribution Area and Carbon Content in Papua. **Wetland International-Indonesia Program and Wildlife Habitat Canada (WHC).**
- Wiquyah (2006). "Pengaruh Kadar Kapur, Waktu Perawatan dan Perendaman Terhadap Kuat Dukung Tanah Lempung". **Jurnal Teknik Sipil, Volume 6 Nomor 1, Januari 2006.**

BIODATA PENULIS



Fitria Wahyuni, penulis dilahirkan di Sidoarjo, 04 Mei 1991, merupakan anak pertama dari 2 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK Dharma Wanita Lajuk, MI Darul Ulum Lajuk, SMP N 1 Porong, dan SMA N 1 Krembung, Sidoarjo. Setelah lulus dari SMA N 1 Krembung pada tahun 2009, Penulis mengikuti Tes Masuk PMDK berprestasi untuk Program S1 Teknik Sipil di Insitut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Selama menempuh pendidikan S1, penulis aktif di kegiatan HMS (Himpunan Mahasiswa Sipil) dan BE-LM FTSP (Badan Eksekutif-Legislatif Mahasiswa Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan). Pada Program Studi S1 Teknik Sipil ini, penulis menyelesaikan masa studi selama 4 tahun bidang geoteknik dengan judul tugas akhir “Alternatif Perencanaan Gedung 3 Lantai Pada Tanah Lunak Dengan Dan Tanpa Pondasi Dalam”. Pada tahun 2014, penulis mengikuti tes seleksi pascasarjana pada program studi teknik sipil dengan bidang keahlian geoteknik. Penulis berhasil masuk melalui Program Beasiswa Fresh Graduate yang diselenggarakan oleh Dikti tahun akademik 2014/2015. Selama masa perkuliahan pascasarjana, penulis aktif dalam penelitian tentang perbaikan tanah gambut di bawah bimbingan Prof. Ir. Noor Endah Mochtar, M.Sc., Ph.D. Penulis juga pernah mengikuti “International Seminar on Science and Technology” di Insitut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya sebagai presenter mengenai stabilisasi tanah gambut.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”